



Universidad Nacional de San Juan  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y  
Naturales

Departamento de Biología

Licenciatura en Biología

**EVALUACIÓN DEL ENSAMBLE DE COLEÓPTEROS DE  
IMPORTANCIA FORENSE EN DIFERENTES PISOS  
ALTITUDINALES EN AMBIENTES ANDINOS Y EXTRA-  
ANDINOS DE LA PROVINCIA DE SAN JUAN,  
ARGENTINA**

**Alumno: Elias Gabriel Ruiz Estebes**

**Asesor: Dr. Fernando Hernán Aballay**

**Co-asesor: Dr. Leonardo Martín Díaz Nieto**

**2024**

Cátedra de Diversidad de Invertebrados, Departamento de Biología, Instituto y Museo de Ciencia Naturales  
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan  
Av. Ignacio de la Roza 590 (O) Complejo Universitario "Islas Malvinas" (CPA J5402DCS)  
Rivadavia, San Juan Argentina  
elias16147@gmail.com

# Índice

1. Agradecimiento.....	4
2. Resumen.....	5
3. Abstract .....	7
4. Introducción.....	9
4. 1. Descomposición cadavérica por parte de los insectos y sus implicancias para la entomología forense.....	9
4. 2. Factores que afectan la descomposición cadavérica.....	10
4. 3. Estado de las investigaciones entomológicas forenses en Argentina .....	12
5. Objetivos.....	14
5. 1. Objetivo General .....	14
5. 2. Objetivos específicos.....	14
6. Hipótesis.....	15
7. Materiales y Métodos .....	15
7. 1. Área de estudio.....	15
7. 2. Descripción de los gradientes.....	17
7. 3. Metodología de muestreo.....	19
7. 4. Análisis de datos .....	23
7. 4. 1. Ensamble de coleópteros cadavéricos.....	23
7. 4. 2. Análisis del ensamble de coleópteros cadavéricos.....	23
7. 4. 3. Potenciales asociaciones entre coleópteros cadavéricos.....	26
7. 4. 4. Especies indicadoras de pisos altitudinales.....	27
8. Resultados.....	29
8. 1. Composición específica de los coleópteros cadavéricos .....	29
8. 2. Ensamble de coleópteros cadavéricos.....	31
8. 3. Asociación de coleópteros cadavéricos.....	38
8. 4. Especies indicadoras de pisos altitudinales con potencial forense .....	50
9. Discusión .....	53
9. 1. Análisis del ensamble de coleópteros de importancia forense .....	55
9. 2. Comparación entre los pisos altitudinales .....	58
9. 3. Asociación de especies de coleópteros de importancia forense por pisos altitudinales.....	61

9. 4. Especies de importancia forense indicadoras de pisos altitudinales.....	70
10. Conclusiones.....	72
11. Futuras investigaciones.....	73
12. Bibliografía.....	74
13. Anexo .....	91

## 1. Agradecimiento

Una investigación científica como esta puede parecer que es obra de unas pocas mentes, sobre todo, de la de un alumno inexperto intentando acceder al título de grado. Pero cualquier trabajo humano es el resultado de la contribución de mucha gente, sin la cual, no es posible acometerlo con garantías.

Para llevar a buen puerto una tesis hace falta tener un director, que crea en tus posibilidades, que sea paciente y además generoso a la hora de compartir sus conocimientos. Bueno, pues no tuve uno, sino dos, su paciencia conmigo ha sido infinita y su apoyo una de las cosas más bonitas de este largo proceso. Los doctores Fernando Aballay y Leonardo Díaz han sido estas dos personas indispensables. Otra persona que considero importante es el Lic. Fernando Murúa, el cuál considero mi mentor y le tengo mucho aprecio. Estoy muy agradecido con él por brindarme la posibilidad de ayudarlo en el museo de ciencias naturales, lo que conllevó a un mejoramiento en mi entendimiento del mundo natural y cultural que nos rodea.

Para realizar un trabajo como este hace falta tener una familia detrás que apoya, que ayuda, que anima y que es el refugio seguro donde reponerse cuando las fuerzas fallan. Mi padre, mi madre, mi hermana, mis sobrinas y mis abuelos, a todos ellos muchas gracias. En esta sección quiero agradecer a Dayana Tripolone (mi novia), indudablemente fue ella la que más me contuvo, me dio consejos y positividad para poder finalizar este trabajo, sin ella seguramente hubiera sido más difícil. Obviamente, también voy a agradecer a mis mascotas Thor, Susus, Apolo y bebé por darme amor y levantarme el ánimo siempre.

Para lograr este trabajo fue necesaria la contribución del tribunal revisor de este manuscrito constituido por el Dr. Rodrigo Gómez Ale, la Dra. Natalia Andino y la Lic. Ana Romina Cortez Vega. Muchas gracias por su ayuda, sugerencias, correcciones y consejos para lograr la versión final de este estudio.

Para hacer un buen trabajo también hacen falta muchos amigos con los que compartir buenos momentos de descanso o de discusiones, en los viajes, bares y en la Universidad. De tal forma que agradezco de corazón a mis amigos de cursada y a el grupo GICMZA. Con ellos yo me forme en gran parte de lo que soy, ellos me vieron emocionarme encontrando cualquier tipo de insecto en cada salida al campo, con ellos cree sueños en conjunto, con ellos forje mi pasión e indudablemente generé los mejores recuerdos de esta etapa de la vida, muchas gracias por ser mi segunda familia. También quisiera agradecer al Faunístico, donde cualquier mal día se transforma en buen día trabajando cerca de nuestra fauna, allí conocí muy buenas personas y generé buenas amistades. Agradezco a muchas personas que seguro olvido por que fueron muchos años.

Para finalizar, siendo este uno de los apartados de una tesis que más suele ojearse, aunque sea por sana curiosidad. Aprovecharé este espacio, para agradecer a cualquier lector anónimo por su interés por esta humilde contribución al conocimiento de la entomofauna de San Juan, deseando que le sea de utilidad.

Gracias a todos por llevarme a buen puerto.

## 2. Resumen

La descomposición cadavérica es un proceso y recurso clave para la biodiversidad de ambientes áridos, comparable con una sucesión heterotrófica donde los insectos son un componente importante. Coleoptera es uno de los órdenes de insectos dominantes por su diversidad, abundancia y su importancia económica, sanitaria y forense, entre otros. Diferentes familias de este orden participan en los procesos de descomposición de cadáveres de vertebrados, cumpliendo un rol trófico determinado y desarrollando allí sus estados inmaduros.

Los ensambles de las comunidades de insectos de importancia forense y los procesos de descomposición en que intervienen, son influenciados por factores como la ubicación geográfica, exposición a la radiación solar, hábitat, clima y altitud. En ambientes áridos de altura la variación de altitud, se refleja en cambios en la composición de los ensambles de insectos, entre ellos los coleópteros cadavéricos.

En San Juan y gran parte de Argentina, el conocimiento de coleópteros de importancia forense en ambientes naturales de altura es muy limitado. Información sobre la distribución de los coleópteros que colonizan carroña en un gradiente altitudinal árido, resultaría útil en investigaciones criminales de casos complejos. En este trabajo a) se inventarió la composición específica de coleópteros cadavéricos en diferentes pisos altitudinales en dos áreas naturales de la provincia de San Juan: en la Precordillera de los Andes (Reserva de Uso Múltiple Don Carmelo) y Sierra de Pie de Palo, b) se comparó dentro de cada área y entre ambas, la riqueza y abundancia de coleópteros cadavéricos a lo largo de un gradiente altitudinal, c) se identificaron asociaciones entre coleópteros cadavéricos y pisos altitudinales y d) se determinaron especies forenses indicadoras de cada piso altitudinal en ambos gradientes.

En cada una de las áreas se colocaron 126 trampas cebadas a los 600, 1000, 1400, 1800, 2200, 2600 y 3000 m s.n.m. de diciembre del 2020 a febrero del 2021 (3024 días/trampas, 72526 horas/trampas). Se evaluó la diversidad específica, dominancia y equitatividad para cada piso altitudinal. Un total de 17177 ejemplares de coleópteros fueron colectados con interés forense potencial, identificando 39 especies incluidas en 14 familias. Los valores de abundancia se distribuyeron en: Histeridae (61%) Dermestidae (35%), otras (4%). Entre los 600-3000 m s.n.m. Histeridae fue la dominante en Pie de Palo y Dermestidae lo fue en Precordillera. Las familias que registraron la mayor riqueza fueron Histeridae (12 especies), Staphylinidae (9 especies) y Tenebrionidae (6 especies).

La diversidad específica disminuyó con la altura en Precordillera, mientras que en Pie de Palo mostró un pico en altura intermedia. La dominancia adquirió su mayor valor en menor altura (600 m s.n.m.) en Pie de Palo, mientras que, en Precordillera fue a los 3000 m s.n.m., con la menor equitatividad para ambos en alturas bajas (600 y 1000 m s.n.m.).

La abundancia y riqueza de coleópteros cadavéricos varió de forma significativa con la altura, entre meses de muestreo y entre transectas. 22 especies necrófilas y 12 necrófagas fueron identificadas, con una abundancia total de 63% y 37% respectivamente. Precordillera mostró tres niveles de asociación específica según la altitud: de 600 a 1400 m s.n.m. con especies del Grupo peruviiano, *D. maculatus*, *E. lacordairei* y *Xerosaprinus diptychus*; de 1800 a 2200 m s.n.m. con *D. maculatus*, *E. caesopygus* y *E. ater*; y de 2600 a 3000 m s.n.m. con *E. richteri* y *E. ater*. Pie de Palo mostró de 600 a 1400 m s.n.m. con *E. lacordairei*, *D. maculatus* y *Xerosaprinus diptychus*; de 1800 a 2200 m s.n.m. con *E. ater*, *D. maculatus*, grupo peruviiano y *E. caesopygus*; y de 2600 a 3000 m s.n.m. con *E. caesopygus*, *E. ater* y Trogidae.

Se identificaron nueve especies de interés forense para el gradiente Precordillera y Pie de Palo. En base a su distribución, se reconocieron especies, géneros y familias necrófilas con potencial interés forense: *Euspilotus*, *Xerosaprinus* (Histeridae) y *Phylonthus*, (Staphylinidae), mientras que los géneros y familias necrófagas fueron *Scotobius* (Tenebrionidae), *Dermestes*, Grupo peruviiano (Dermestidae) y Trogidae. Las especies exclusivamente registradas por piso fueron para Precordillera: *X. diptychus* (600 m s.n.m.), *E. lacordairei* (1000 m s.n.m.), *E. ater* (1800 m s.n.m.) *E. caesopygus*, *P. quadraticeps*, *E. richteri* y Trogidae (2600 m s.n.m.); para Pie de Palo: *E. lacordairei* (600 m s.n.m.), *B. rufipennis*, *P. flavolimbatus* y *X. diptychus* (1400 m s.n.m.), *E. ater* (1800 m s.n.m.), *E. caesopygus* (2200 m s.n.m.) y Trogidae (2600 m s.n.m.).

Este trabajo establece la línea base sobre el conocimiento de coleópteros cadavéricos registrados y asociados con diferentes alturas en un ambiente árido de Precordillera y es el primero en un ambiente extra andino como la Sierra de Pie de Palo. Se determinó cambios en ensamble y asociaciones respecto a la variación altitudinal dentro y entre los pisos. Se espera que esta información pueda ser utilizada en pericias entomológicas forenses futuras sobre cadáveres humanos y fauna silvestre a realizarse en el área de estudio.

### 3. Abstract

The cadaveric decomposition is a key process and resource for arid environmental biodiversity, comparable to heterotrophic succession where insects as an important component. Coleoptera, a dominant order of insects, is distinguished by its diversity, abundance, and a range of other characteristics. Different families of it order participate in the vertebrate's decomposition process, fulfilling a specific trophic role and developing their immature stages.

The assemblages of insect communities of forensic importance and decomposition process in which they are involved, are influenced by the geographic location, sun exposition, habitat, climate and altitude. In arid high-altitude environments, the altitudinal variation is reflected in the composition assemblage's insect changes as cadaveric beetles.

In San Juan and much of Argentina, knowledge of Coleoptera of forensic importance in high arid habitats is quite limited. In this context, the distribution of carrion beetles along elevation arid gradients would be useful into the criminal research of complex cases. The goals were, a) to know the carrion beetle diversity along altitudinal gradients in two areas of San Juan Province: in the Andean Precordillera (Multiple Use Natural Reserve Don Carmelo) and the Pie de Palo, b) to compare richness and abundance of carrion beetles in each area and between them along an altitudinal gradient, c) to identify association between carrion beetles and altitudinal level, d) to identify forensic indicator species of each altitudinal level for both gradients.

From December to February in each area 126 baited traps were placed at 600, 1000, 1400, 1800, 2200, 2600 and 3000 m a.s.l, (3024 day/trap, 72526 h/trap). The specific diversity, dominance and equitatividad were evaluated in each floor. 17.177 exemplars of beetle with potential forensic interest were collected and 39 species from 14 families were identified. The abundance values were Histeridae (61%), Dermestidae (35%) and Others (4%). Between 600-3000 m a.s.l. Histeridae was dominant in Pie de Palo and Dermestidae was dominant in Precordillera. Histeridae (12 species), Staphylinidae (9 species) y Tenebrionidae (6 species) were the families with most richness. In Precordillera the specific diversity decreases with the altitude, in Pie de Palo this shows a pike to medium altitude. Dominance acquired its greatest value at lower height (600 m a.s.l.) in Pie de

Palo, and at 3000 m a.s.l. in Precordillera. In both floors, the altitudinal level of 600-1000 m a.s.l showed the lowest fairness.

The abundance and richness of carrion beetles varied significantly with altitude, between sampling months and transects. 22 necrophiles species and 12 necrophages were identified which represents 63% and 37% of total abundance respectively. Precordillera showed three levels of specific association according the altitude: 600-1400 m a.s.l with Peruvian group species: *D. maculatus*, *E. lacordairei*, *Xerosaprinus diptychus*; 1800-2200 m a.s.l. with *D. maculatus*, *E. caesopygus*, *E. ater*; 2600-3000 m a.s.l. with *E. richteri*, *E. ater*. Pie de Palo showed: 600-1400 m a.s.l with *E. lacordairei*, *D. maculatus*, *Xerosaprinus diptychus*; 1800-2200 m a.s.l. with *E. ater* and *D. maculatus*, Peruvian group; 2600-3000 m a.s.l. with *E. caesopygus*, *E. ater* and Trogidae.

Nine forensic species were identified along altitude gradient from Precordillera and Pie de Palo. Based on their altitudinal distribution, genera and families necrophiles recognized were *Euspilotus*, *Xerosaprinus* (Histeridae), *Phylonthus*, (Staphylinidae). For the necrophages genera and families were recognized: *Scotobius* (Tenebrionidae), *Dermestes*, Peruvian group (Dermestidae) and Trogidae. Species that were exclusively sampled at each floor were: Precordillera: *X. diptychus* (600 m a.s.l.), *E. lacordairei* (1000 m a.s.l.), *E. ater* (1800 m a.s.l.) *E. caesopygus*, *P. quadraticeps*, *E. richteri*, Trogidae (2600 m a.s.l.); Pie de Palo: *E. lacordairei* (600 m a.s.l.), *B. rufipennis*, *P. flavolimbatus* y *X. diptychus* (1400 m a.s.l.), *E. ater* (1800 m a.s.l.), *E. caesopygus* (2200 m a.s.l.) and Trogidae (2600 m a.s.l.).

This work established the baseline knowledge of carrion beetles recorded and associated along altitudinal gradient in one arid habitat of Precordillera and is the first report in extra-Andean habitat of Pie de Palo. Changes in assemblage and associations were determined with respect to altitudinal variation within and between floors. It is expected that this information can be used in forensic entomological examinations on human corpses and wildlife to be carried out in the study area.

## 4. Introducción

### 4. 1. Descomposición cadavérica por parte de los insectos y sus implicancias para la entomología forense

La aplicación fundamental de la entomología forense es estimar el tiempo y lugar de muerte de un cadáver humano en casos de criminalística, a través del estudio de los insectos presentes sobre el cuerpo (descubierto/hallado) (Ayón, 2019). Estas estimaciones entomológicas forenses permiten focalizar las investigaciones judiciales en un tiempo específico y en un ambiente determinado, donde radica la mayor importancia de los estudios científicos que respalden estas predicciones, caso contrario se puede cometer errores, desvincular a culpables o involucrar a inocentes en casos penales (Goff, 1991; Greenberg, 1991; Benecke, 1998; Anderson, 1998 y 1999; Magaña, 2001).

Los primeros registros que se tienen sobre la utilización de insectos para resolver crímenes datan del siglo XIII en China, donde se logró determinar cómo culpable de un crimen a un sospechoso gracias al registro de las moscas que fueron atraídas al rastro de sangre que quedó en el arma homicida (Magaña, 2001; Ayón, 2019). Si bien los registros más antiguos son del siglo XIII, las primeras investigaciones de insectos como indicadores forenses fueron documentadas durante las exhumaciones realizadas en Alemania por Reinhard (1882) y Hofmann (1886) con moscas de la familia Phoridae encontradas sobre los restos. Ambos autores son reconocidos como fundadores de la Entomología Forense (Benecke, 2001).

La descomposición de un cuerpo comienza por la actividad de microorganismos como bacterias y hongos. Dicha actividad en un cadáver genera emanación de olores, los cuales cambian a medida que el cuerpo se descompone, volviéndose más atractivos para algunas especies de artrópodos y vertebrados, y menos atractivos para otras, a medida que pasa el tiempo (Payne, 1965; Anderson *et al.*, 2001). Los artrópodos que tienen mayor importancia forense son los órdenes Coleoptera y Diptera, por presentar su mayor abundancia y diversidad en los cadáveres (Payne, 1965). Estos insectos cumplen diferentes roles tróficos en los cadáveres clasificados por Leclercq (1976), en Necrófagos: aquellos que se alimentan de tejidos cadavéricos; Necrófilos: son predadores o parásitos que se alimentan de huevos, larvas o adultos de otros insectos presentes en el cadáver; Omnívoros: se alimentan del cadáver y/o de otros insectos en distintos estados de

desarrollo; y Accidentales u Oportunistas: se encuentran de forma eventual o usan el cadáver como refugio, o extensión de su hábitat.

Estos cambios graduales son debidos a interacciones ecológicas entre diferentes organismos a lo largo del tiempo que provocan la sustitución de especies (Begon *et al.*, 1999) y que se denominan sucesiones heterotróficas (Smith & Smith, 2000). La entomofauna que se encuentra sobre o alrededor del cadáver aprovecha el recurso carroñero, presentando diferentes grados de asociación en las diferentes etapas o estadios del proceso de descomposición: Fresco, Hinchado, Descomposición Activa, Descomposición Avanzada y Restos (Payne, 1965; Centeno *et al.*, 2002).

#### **4. 2. Factores que afectan la descomposición cadavérica**

Los ensambles de las comunidades de insectos de importancia forense y los procesos de descomposición son influenciados por diversos factores como la región geográfica, exposición a la radiación solar, hábitat, clima, sinantropía, estacionalidad, latitud, altitud, sustrato, competencia intra e interespecífica, emigración, entre otras (Morón & Terrón, 1984; Anderson *et al.*, 2001; Kočárek, 2001; Magaña, 2001; Centeno *et al.*, 2002; Battán Horenstein *et al.*, 2005, 2010, Battán Horenstein & Linhares, 2011; Baz *et al.*, 2007; Amat *et al.*, 2013). A su vez se debe considerar que la zona geográfica definirá el hábitat, las condiciones meteorológicas, la vegetación y el tipo de suelo del área determinada. Sumado a esto, dentro de una misma estación del año pueden presentar cambios en las temperaturas extremas principalmente en ambientes áridos donde hay gran amplitud térmica y entre los meses de una misma estación. Por consiguiente, estas condiciones biogeográficas y ambientales de una región son determinantes en la composición específica y dinámica de las comunidades de fauna cadavérica (Battán Horenstein *et al.*, 2005), afectando a las especies que colonizan los cadáveres y el proceso de descomposición del cuerpo en diferentes lugares geográficos.

En el estudio de los gradientes altitudinales, la altitud ha demostrado ser un factor importante en el proceso de descomposición cadavérica, ya que con su aumento se reflejan cambios en la composición de las comunidades de insectos (Janzen, 1973, Janzen *et al.*, 1976; Camero, 2003; Hodkinson, 2005). Estudios muestran la estrecha asociación entre cambios altitudinales y cambios en la composición y diversidad de especies en un área. Debido a estos se han propuesto dos patrones generales: El patrón Rapoport (Rapoport, 1982; Stevens, 1992; Fleishman *et al.*, 1998; Sanders, 2002; McCain & BracyKnight, 2013),

y patrón de dominio medio o en forma de joroba (Rahbek, 1995; MacArthur, 1969; McCoy, 1990; Brown & Lomolino, 1998; McCain, 2004; Aubry *et al.*, 2005; Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010; Lee *et al.*, 2013; McCain & BracyKnight, 2013). La regla altitudinal de Rapoport, el patrón antiguamente aceptado, sugiere que en mayores latitudes (o altitudes) el clima tiende a ser más variable, por lo que las especies en estos sitios pueden tolerar una amplia gama de condiciones climáticas, lo que conlleva a que presenten rangos geográficos más grandes (Rapoport, 1982; Stevens, 1989). En efecto, en donde la diversidad y los rangos de distribución de especies están inversamente ligados a la altitud, presentándose mayor riqueza en altitudes bajas (Stevens, 1992; McCain, 2004; McCain & BracyKnight, 2013). Contrariamente a esto, se han presentado varios estudios de diferentes taxones que ponen en evidencia que los picos en la riqueza y diversidad de especies en los gradientes altitudinales es mayor en una elevación intermedia, obteniendo gráficos de los gradientes en forma de joroba y que estos son los patrones generales más encontrados (Rahbek, 1995; Sanders *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2013).

El cambio en la altitud denota un cambio en la riqueza de especies, debido a esto, es posible encontrar un alto grado de especificidad de acuerdo a los diferentes pisos altitudinales (Lomolino, 2001). Esto nos permite clasificar las especies encontradas con diferentes preferencias por ciertas altitudes (Lomolino, 2001, Baz *et al.*, 2007), lo que podría brindar información valiosa en casos de traslado de cuerpos entre pisos altitudinales. Estos cambios en las comunidades de insectos, en parte se debe a que los mismos pueden experimentar variaciones en las condiciones ambientales a lo largo de un gradiente altitudinal como un aumento de las precipitaciones, una disminución de la presión parcial de los gases respiratorios y la temperatura (Hodkinson, 2005). Debido a esto, el efecto que presenta el factor altitudinal en diferentes gradientes en relación a las comunidades de coleópteros cadavéricos en ambientes áridos de altura es desconocidos, siendo necesarias investigaciones que den respuesta a este interrogante.

En los gradientes altitudinales es posible encontrar especies de insectos indicadores de diferentes pisos altitudinales, ya que las condiciones de los hábitats van cambiando a medida que ascendemos en los gradientes altitudinales. Las especies indicadoras de hábitats han sido utilizadas para evaluar las condiciones del hábitat donde se encuentran (Dufrêne & Legendre, 1997; Tichý & Chytrý, 2006; Podani & Csányi, 2010, Wildi & Feldmeyer-Christe, 2013). Para Dufrêne y Legendre (1997), son las especies más características de cada grupo, presentándose principalmente en un solo grupo y en la mayoría de los sitios pertenecientes a este grupo o donde se encuentra este grupo, es decir,

especies que presentan una preferencia en un sitio en particular. Landers *et al.* (1988) y Fleishman *et al.* (2001) coinciden en que son organismos cuyas características (presencia, abundancia, densidad, etc.) pueden ser usadas como un criterio para evaluar atributos que son muy difíciles, caros o inconvenientes de medir para otras especies o condiciones ambientales de interés. Por otro lado, Lindenmayer *et al.* (2002), mencionan que es una especie considerada sensible y por lo tanto capaz de dar señal de alarma cuando ocurren cambios ambientales, tales como cambios climáticos o modificación del manejo de incendios. Asimismo, se ha demostrado que su uso permite evaluar hábitats de forma rápida y relativamente económica (Caro & O'Doherty, 1999; McGeoch *et al.*, 2002; Sanabria *et al.*, 2014). Sin embargo, en la provincia de San Juan y Argentina no se ha determinado especies de importancia forense indicadores de diferentes pisos altitudinales. Por la cual esta información tendrá su parte aplicada en futuras pericias entomológicas forenses, en el caso de traslados de cuerpos entre diferentes ambientes.

#### **4. 3. Estado de las investigaciones entomológicas forenses en Argentina**

El desarrollo de la entomología forense en Argentina es relativamente reciente y la mayoría de los estudios se efectuaron en localidades de clima húmedo como Buenos Aires (Oliva, 1997, 2001, Centeno *et al.*, 2002), Salta (Ayón *et al.*, 2004; Ayón, 2013, Acosta *et al.*, 2021) y Córdoba (Battán Horenstein *et al.*, 2005, 2007, 2010, 2011, 2012). Esta información entomológica forense es útil en estos ambientes; siendo escasos los estudios en las regiones de clima árido y generalmente realizados en ambientes urbanos (Aballay *et al.*, 2008, 2012). Los cadáveres en ambientes desérticos de altura pierden humedad rápidamente, acelerando los diferentes estadios de descomposición al secarse y endurecerse los tejidos (Aballay *et al.*, 2011, Aballay, 2012; Aballay *et al.*, 2012). Por ejemplo, los cadáveres expuestos a estas condiciones pasaron por los 5 estadios de descomposición en 8 días en verano (Aballay *et al.*, 2012), y en menos de 20 días en primavera y otoño (Aballay *et al.*, 2011; Aballay, 2012). Estos procesos de pérdida de humedad disminuyen el tiempo en que el recurso cadavérico está disponible para las larvas de dípteros (que solo pueden alimentarse de tejidos húmedos), pero se amplía para los coleópteros que se alimentan de tejidos secos. Esta acelerada deshidratación del cadáver produce un temprano arribo de los coleópteros sobre los cuerpos (Aballay *et al.*, 2012) y una extensa permanencia sobre o debajo del sustrato cadavérico (Aballay *et al.*, 2017). Por estos motivos, los coleópteros serían los principales agentes descomponedores de la carroña y presentan una gran utilidad entomológica forense en ambientes áridos de Argentina.

En estudios experimentales y de casos de investigación judicial de homicidios femicidios, muestran que la entomofauna de un cadáver situado en un ambiente urbano es muy diferente al de un ambiente natural (Jofré, 2018). Por este motivo, la información obtenida en los experimentos con cadáveres situados en zonas urbanas no debe ser extrapolados a los hallados en ambientes naturales. En ambientes áridos de Argentina se han registrado reiterados casos de homicidios, en donde el acto delictivo fue cometido en la ciudad, pero el cuerpo fue desechado en ambiente natural de altura con el objeto de ocultar el cuerpo (pericias entomológicas forenses, Aballay y Jofré). En estos ambientes naturales de altura la afluencia de personas es muy baja por lo que los cuerpos son generalmente encontrados en la etapa final del proceso de descomposición, donde dominan las especies de coleópteros. Sin embargo, el conocimiento de coleópteros de importancia forense es muy limitado para ambientes naturales de altura debido a la inexistencia de estudios experimentales en estos ambientes. Es por esto que, existe una necesidad de dar inicio a experimentos que brinden información sobre la distribución de los coleópteros que colonizan la carroña en diferentes pisos altitudinales en ambientes naturales áridos, con el objetivo de aportar información útil en estas investigaciones criminales de casos complejos.

Por otro lado, nuestro planeta se enfrenta actualmente a una pérdida crítica de biodiversidad en la gran variedad de ambientes que posee, incluso algunos autores creen que estamos atravesando la sexta extinción masiva en la historia (Pimm *et al.*, 1995; Butchart *et al.*, 2010; Barnosky *et al.*, 2011; Dirzo *et al.*, 2014). En consecuencia, en Argentina se emitieron algunas leyes para reducir la sobreexplotación, como la primera “Ley Nacional de Caza y Protección de la Fauna”, en 1950 (Ley Nacional Argentina 13908), y la Ley de “Protección y Conservación de la Fauna Silvestre” de 1981 (Ley Nacional Argentina 22421). En la provincia de San Juan, la ley actual (Ley de San Juan 606-L) prohíbe la caza y venta de especies nativas. Sin embargo, los hallazgos de un estudio en la provincia, indican que los mamíferos son probablemente el taxón más afectado, de acuerdo con los valores previstos de riqueza y la cantidad de animales cazados ilegalmente (Becerra *et al.*, 2022). Entre las especies cazadas se encuentran, por ejemplo, mamíferos: guanaco (*Lama guanicoe*), mara (*Dolichotis patagonum*) y puma (*Puma concolor*), otras especies muy buscadas por su carne y huevos son las aves como el ñandú de puna (*Rhea tarapacensis*) y el ñandú mayor (*Rhea americana*) (Borghi *et al.*, 2017).

Por lo tanto, la importancia de estudiar los coleópteros cadavéricos y de llevar a cabo estudios en ambientes naturales en relación al factor altitudinal, radica en la utilidad

que trasciende el conocimiento sobre su diversidad, localización y abundancias de los mismos, con respecto a sus implicancias a la hora de dar respuestas a interrogantes forenses en los traslados de cuerpos (animales y humanos) entre diferentes pisos altitudinales. De tal forma, esta información es aplicable en casos de la caza furtiva de fauna nativa, por lo que puede dar mayor congruencia y exactitud sobre la determinación de la localización de restos de las diferentes especies que están bajo esta presión, por lo que conllevaría a un mejoramiento del labrado de actas infracción emitidas por la “Secretaría de Estado de Ambiente y Desarrollo Sustentable” (SEAyDS) de la provincia de San Juan. Por lo expresado se consideró relevante realizar estudio de coleópteros cadavéricos en ambientes naturales de altura en San Juan, planteando los siguientes objetivos.

## **5. Objetivos**

### **5. 1. Objetivo General**

Ampliar el conocimiento de las comunidades de coleópteros cadavéricos comparando los ensambles de las especies presentes en diferentes pisos altitudinales en ambientes áridos y naturales en dirección a Don Carmelo (Precordillera) y Pie de Palo (elemento extra-andino), en la provincia de San Juan, Argentina.

### **5. 2. Objetivos específicos**

1. Inventariar la composición específica de los coleópteros cadavéricos en diferentes pisos altitudinales en dos gradientes altitudinales naturales, uno en dirección a Precordillera y el otro en Pie de Palo de la provincia de San Juan.
2. Comparar la riqueza y abundancia de los coleópteros cadavéricos en relación a los gradientes altitudinales, dentro de cada transecta y entre las mismas.
3. Identificar las potenciales asociaciones de las especies de coleópteros cadavéricos y sus abundancias con los diferentes pisos altitudinales, en el gradiente de Precordillera y Pie de Palo.
4. Determinar las especies de coleópteros cadavéricos indicadoras de pisos altitudinales en ambos gradientes altitudinales.

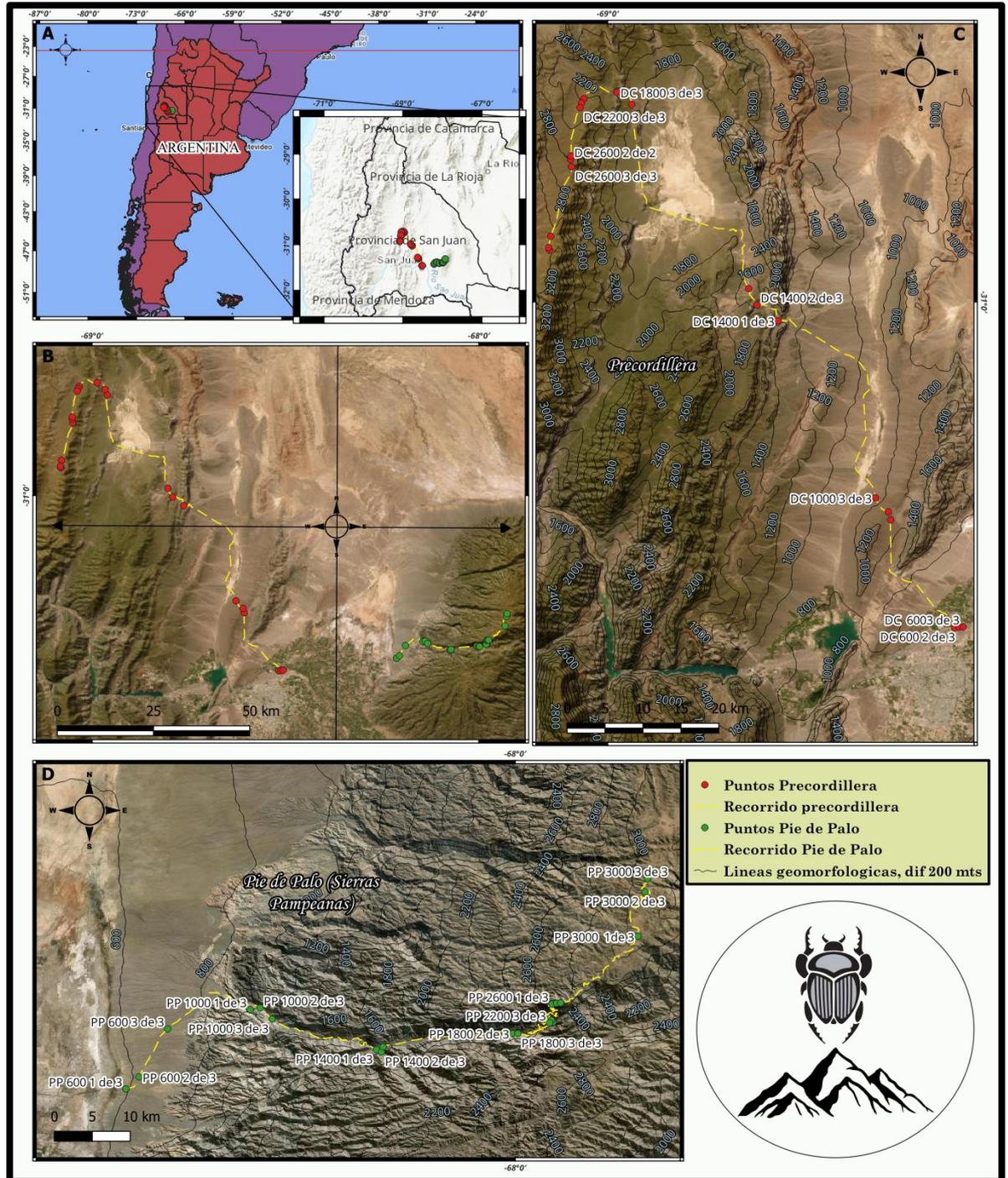
## 6. Hipótesis

1. La composición de coleópteros de importancia forense cambia en diferentes pisos altitudinales, debido a la variación en las condiciones ambientales.
2. La riqueza y abundancia de coleópteros cadavéricos varían en altitudes diferentes, debido a las diferentes restricciones que imponen las condiciones ambientales a lo largo de los gradientes.
3. Los coleópteros cadavéricos presentan diferentes asociaciones entre los distintos gradientes y pisos altitudinales, debido a que las condiciones ambientales no son las mismas.
4. Los gradientes de Pie de Palo y Precordillera presentan diferentes especies indicadoras de coleópteros cadavéricos de cada piso altitudinal.

## 7. Materiales y Métodos

### 7. 1. Área de estudio

Los muestreos fueron realizados durante dos años, desde principios de diciembre del año 2020 hasta finales de febrero del año 2021, en ambientes naturales de altura entre los departamentos de Angaco, Albardón y Ullum, de la provincia de San Juan, Argentina. Los muestreos fueron efectuados dentro de dos gradientes altitudinales entre los 600 a 3000 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.): un gradiente en dirección hacia la sierra de Pie de Palo y el otro en dirección a la Reserva Privada de Usos Múltiples “Don Carmelo” (Fig. 1) ubicada en un sector de la Precordillera central. Este último gradiente se mencionará a lo largo de la tesis como Precordillera.



**Fig. 1.** Área de estudio. Se muestran las transectas que se llevaron a cabo para el gradiente altitudinal de Precordillera y Pie de Palo, San Juan, Argentina. **A)** Posición geográfica austral del estudio. **B)** Latitud y longitud de los gradientes correspondientes a Precordillera (longitud total de 143 km) y Pie de Palo (longitud total de 51,7 km). **C y D)** Vista detallada del recorrido, puntos de muestreo y cotas altitudinales de los gradientes de Precordillera y Pie de Palo, respectivamente.

## 7. 2. Descripción de los gradientes

Pie de Palo: El gradiente de elevación (dirección O - E) se encuentra trazado dentro del grupo noroccidental de Sierras Pampeanas de Argentina, que comprende los cordones montañosos que se elevan al oeste de la provincia de Tucumán, en el centro y sur de Catamarca, en gran parte de La Rioja y en el este de la provincia de San Juan (Caminos, 1970). En San Juan dentro de esta clasificación se encuentra la Sierra de Pie de Palo, comprendida entre  $31^{\circ}25'25.50''S$ ;  $68^{\circ}12'46.46''O$  y  $31^{\circ}18'28.16''S$ ;  $67^{\circ}55'39.01''O$ , con una extensión de la transecta de 51.7 km. Este relieve presenta una longitud de 70 km aproximadamente en dirección N-S y aproximadamente 25 km de ancho de E-O (Caminos, 1970; Cei, 1980). El mismo es reconocido como una reducida parte del antiguo Neso Cratón Pampeano, reactivado en el Terciario hasta alcanzar su relieve actual en la última fase (Caminos, 1972; 1979). Esta sierra, presenta una morfología accidentada con abruptas pendientes, rocas con acelerada meteorización, además, por donde discurren sus cauces, se revela la marcada erosión en sus profundas quebradas. Con respecto al tectonismo, Pie de Palo presenta grandes fallas y un alto grado de sismicidad, quizás es uno de los más elevados de las regiones extra-cordilleranas del oeste argentino (Cei, 1980).

Geomorfológicamente la sierra de Pie de Palo está constituida por rocas del Precámbrico y Paleozoico inferior, como metamórficas de grado bajo, calizas cristalinas, semiesquistos carboníticos, cuarcitas micáceas, filitas cálcicas, mármoles y con un predominio en la zona oriental de metamórficas de grado alto (-esquistos cuarzo- biótico-oligoclásico, anfibolitas y gneis-), en las cumbres afloran rocas migmáticas de aspecto gnéisico y venas de cuarzo feldespáticas (Caminos, 1972, 1979).

Con respecto al clima, a 3162 m.s.n.m. (Estación de ENCOTEL en Mogote Corralitos) en verano se registran lluvias y tormentas con un pronunciado descenso de la temperatura (Cei, 1980). El aire se mantiene seco (20 -30 %HR) y la radiación solar es muy intensa, sin embargo, la temperatura es medianamente moderada. En invierno las precipitaciones en forma de lluvia son mínimas, pero con mayor frecuencia se deposita nieve y granizo (10-15 cm), en esta época del año las temperaturas mínimas decaen hasta  $-20^{\circ}C$ , además destacan las inclemencias de los fuertes vientos de 100 km/h (Cei, 1980).

En su nota Cei (1980), hace referencia a que Pie de Palo sería una geoforma de “tipo isla” en relación al aislamiento con respecto a los otros cordones montañosos y a los extensos ecosistemas desérticos y semidesérticos que le permiten condiciones de clausura casi total, que ejerce una presión evolutiva indirecta sobre la vegetación y fauna propia de

esta sierra. En cuanto a la fauna de Pie de Palo, Cei (1980) hace mención sobre la presente en la zona superior (3200 m s.n.m.), algunos mamíferos como *L. guanicoe*, *P. concolor*, *Lagidium viscacia*; y en cuanto a los micromamíferos, se registró en las quebradas laderas y pie de montes de zonas de baja altitud (600-1000 m s.n.m.) a *Octomys mimax* (Sánchez-Castro *et al.*, 2020). Con respecto a los invertebrados, nombra al escorpión *Bothriurus burmeisteri*, el solífugo *Pseudocieobis andinus* y las arañas *Steatoda sabulosa*, *Aiopecosa restricta*, *Gnaphosidae* y *Latrodectus sp.*; en cuanto a los reptiles nombra una forma endémica de lagarto *Liolaemus sanjuanensis* (Cei, 1980, 1982). Por su parte la flora entre los 600 a 1400 m s.n.m., están presente las especies *Larrea divaricata*, *L. cuneifolia*, *Ximenia americana*, *Neltuma chilensis* y *N. flexuosa* que son típicas de la provincia fitogeográfica del Monte (Fig. 2); entre los 1800 y 2200 m s.n.m. se registraron *Artemisia mendozana*, *Cardon sp.*, *L. divaricata* especies de ambiente el Cardonal; y por último, entre los 2600 y 3000 m s.n.m. fueron registradas la presencia de *Stipas spp.*, pastizales de altura (Coirón) que son elementos del ambiente de Puna (Cabrera, 1976; Cei, 1980; Márquez & Pastrán, 2017). Otras de las especies que se lograron identificar a los 3000 m s.n.m. fueron: *Adesmia trijuga*, *A. horrida*, *A. subterranea*, *Tetraglochin alatum*, *Bacharis tola* y *Maihueniopsis boliviana*.

Precordillera: En cuanto al gradiente de elevación (dirección Este - Oeste), se extiende desde la localidad de La Laja hasta llegar en su último tramo donde se recorrerá una huella, por el valle de la Invernada, hasta la Reserva de Usos Múltiples “Don Carmelo” en el extremo austral de la Puna Desértica, comprendida entre 31°27'22.60"S; 68°31'3.85"O y 30°55'38.98"S; 69° 4'50.66"O, con una extensión de la transecta de 143 km. Este sitio se encuentra dentro de la zona occidental de la Precordillera central, que se lo reconoce por su morfología tectónica de primer orden que fue elevada durante los movimientos tectónicos de la edad cenozoica (Ripoll & Carretero, 2019). Además, estos autores lo describen como un valle elevado con una orientación norte-sur entre la sierra La Invernada y la del Tigre. En general sus suelos son inmaduros, pedregosos o arenosos, con muy bajo contenido de materia orgánica por la escasa cobertura vegetal y lenta descomposición (Martínez-Carretero, 1995). En cuanto a su clima, esta área bajo la clasificación climática de Köppen (1931) es de subtipo BWwkb: clima desértico hiperárido, seco, con una precipitación anual menor a 100 mm registrándose nevadas en invierno y lluvias concentradas en el periodo estival y con temperaturas nocturnas bajo cero, gran parte del año (Cabrera, 1976).

En cuanto a la fauna de Precordillera, en el Valle de la Invernada “Don Carmelo”, con respecto a los reptiles encontramos entre los 2700 - 3500 m s.n.m. a las especies: *Liolaemus ruibali* (Donoso-Barros, 1961), *Phymaturus extrilidus* y *Liolaemus parvus* (Cei, 1986; Quinteros *et al.*, 2008; Lobo *et al.*, 2012; Abdala *et al.*, 2012). El área también es hábitat de *Lama guanicoe*, *Lycalopex griseus*, *Puma concolor*, *Lagidium viscacia*, entre las aves: *Rhea pennata*, *Falco peregrinus*, *Metriopelia melanoptera*, *Bubo virginianus*, *Thinocorus orbignyianus*, *Patagonia gigas* (Haene *et al.*, 1994). En cuanto a los micromamíferos, se encuentran presentes cuatro roedores: *Phyllotis xanthopygus*, *Abrothrix andina*, *Eligmodontia sp.* y un marsupial, *Thylamys pallidior* (Barquez *et al.*, 2006; Jayat *et al.*, 2008; Novillo & Ojeda, 2012; Beninato *et al.*, 2019; Rivero-Castro *et al.*, 2023).

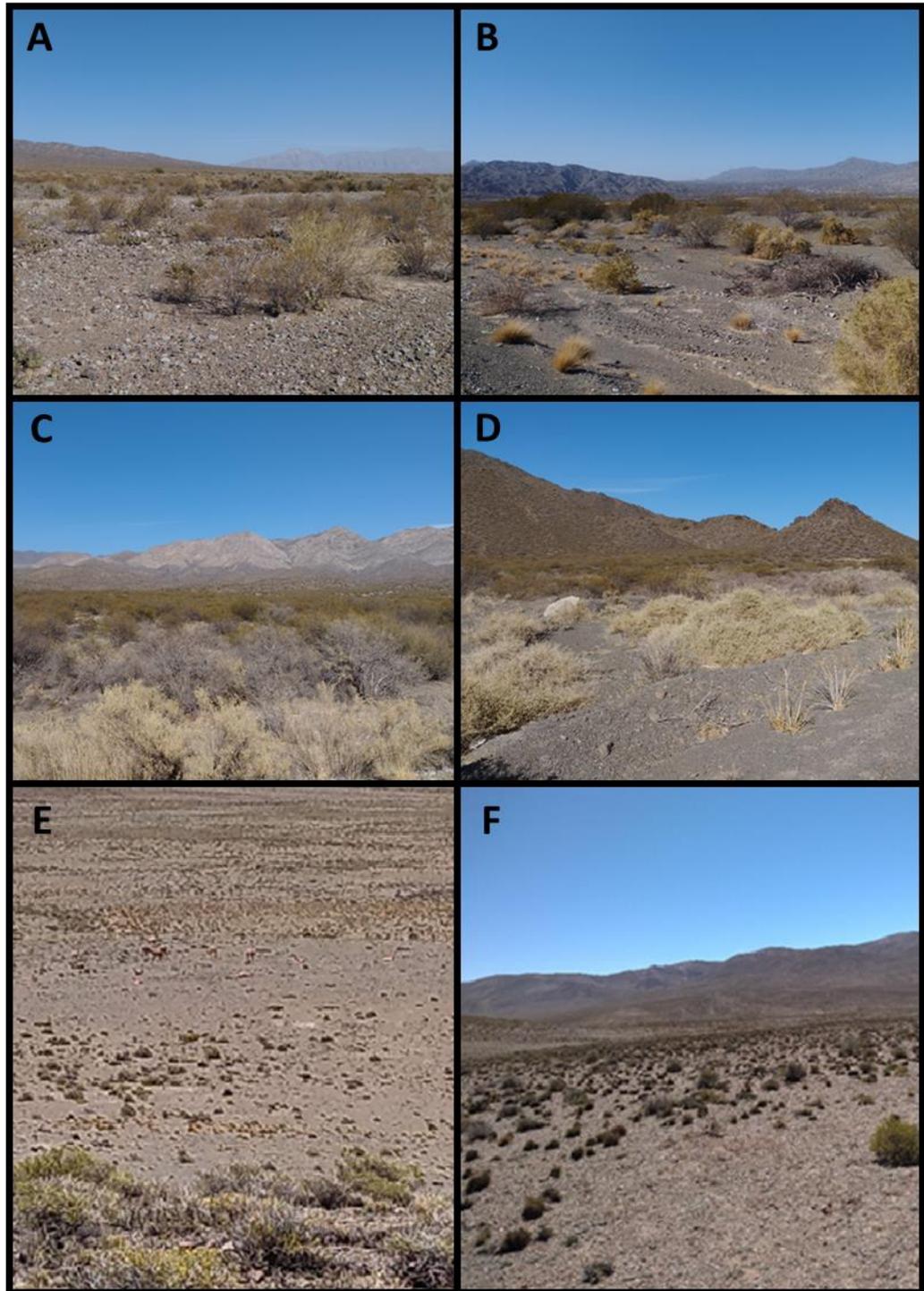
La vegetación en el gradiente de Precordillera desde los 600 a 1400 m s.n.m., se encuentran representada por especies similares a las de Pie de Palo en el ambiente de Monte; entre los 1800 y 2200 m.s.n.m. están presentes *A. mendozana*, *L. divaricata*, *L. cuneifolia* y *L. nitida* siendo dominante esta última especie que son representativas de Monte de altura; y por último, entre los 2600 y 3000 m.s.n.m., fue registrada la presencia de *A. mendozana*, *Stipas spp.*, pastizales de altura (Coirón) que son elementos de ambiente de la Puna (Cabrera, 1976; Cei, 1980; Carretero, 1995; Roig & Carretero, 1998; Márquez & Pastrán, 2017).

### 7. 3. Metodología de muestreo

En cada uno de los gradientes (denominadas transectas de estudio) se eligieron siete pisos altitudinales diferentes (Fig. 1, 2 y 3) a los 600, 1000, 1400, 1800, 2200, 2600 y 3000 m s.n.m. Se establecieron cada 400 m s.n.m. porque, a través de pericias entomológicas forenses, se observaron diferencias en la composición de coleópteros registrados en cadáveres humanos encontrados a diferentes alturas (2600-3000 m s.n.m.) (Aballay com. pers). En cada uno de estos pisos se colocaron tres trampas cebadas, separadas entre sí una distancia mayor a 300 m para asegurar la independencia de los datos. Las trampas permanecieron activas entre 28 a 30 días de exposición. Los muestreos fueron realizados de forma mensual durante los meses de diciembre, enero y febrero, de los años 2020 y 2021.



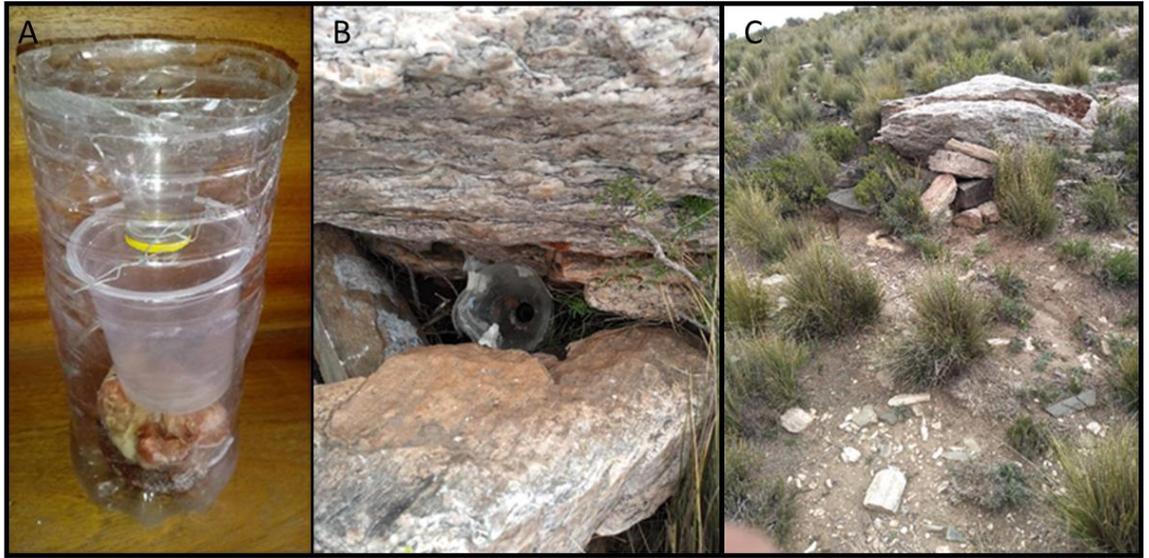
**Fig. 2.** Imágenes representativas del gradiente altitudinal de Pie de Palo donde se observan elementos de las diferentes provincias fitogeográficas descritas por Márquez *et al.*, (2018). **A)** Base de la Sierra de Pie de Palo a 600 m s.n.m. provincia fitogeográfica del Monte. **B)** Altura superior de la Sierra de Pie de Palo 2200 m s.n.m., provincia fitogeográfica del Cardonal. **C)** Altura superior de la Sierra de Pie de Palo 2600 m s.n.m., provincia fitogeográfica de Puna. **D)** Altura máxima de la Sierra de Pie de Palo 3000 m s.n.m., provincia fitogeográfica de Puna.



**Fig. 3.** Imágenes representativas del gradiente altitudinal de Precordillera donde se observan elementos de las diferentes provincias fitogeográficas descritas por Márquez *et al.*, (2018). **A)** Provincia fitogeográfica del Monte de La Sierra del Villicum 1000 m s.n.m. **B)** Provincia fitogeográfica del Monte en Talacasto 1400 m s.n.m. **C)** Provincia fitogeográfica del Monte de altura 1800 m s.n.m. **D)** Provincia fitogeográfica del Monte de altura 2200 m s.n.m. **E)** Provincia fitogeográfica de Puna en Don Carmelo 2600 m s.n.m. **F)** Provincia fitogeográfica de Puna en Don Carmelo 3000 m s.n.m.

Para los muestreos se utilizaron trampas descartables tal como se describe en Aballay *et al.* (2016) (Fig. 4.A). La trampa consiste en una botella plástica con capacidad de 2,5 l cortada en la parte superior e invertida, formando un embudo hacia el interior de la botella. En el extremo del embudo de la trampa se colocó un vaso colector de 500 cc sostenido con alambre de la parte más estrecha del embudo. El vaso colector contiene en su interior partes iguales de propilenglicol y agua, con aditivo de sal y detergente. El propilenglicol preserva los especímenes capturados, el detergente crea una película en la superficie del líquido que evitó que los insectos escaparan y la sal deshidrata produciendo la muerte de los ejemplares capturados. En el interior y al fondo de cada trampa fue colocado 400 gr de menudos de pollo que actuaron como atrayente olfativo de los coleópteros. Cada una de las trampas fue colocada en el campo entre rocas para evitar ser perturbadas por vertebrados carroñeros y también para que se encuentren protegidas de las precipitaciones (Fig. 4 B-C). Luego del periodo de exposición. Las trampas fueron retiradas, recuperando el líquido con los ejemplares que contenían cada una de las trampas. Posteriormente, las muestras fueron lavadas con abundante agua con detergente y conservadas en alcohol al 90% hasta su identificación siguiendo la metodología de Centeno *et al.* (2002) y Aballay *et al.* (2008, 2012). Para la recolección de los ejemplares contamos con el permiso (expediente 13000-0152-2021 y sus renovaciones) de sacrificio y colecta de insectos de la SEAyDS.

En el Laboratorio de Entomología del Instituto y Museo de Ciencias Naturales, Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, Universidad Nacional de San Juan (IMCN-FCEFNS UNSJ), los coleópteros fueron separados por Familia utilizando el trabajo de Almeida & Mise (2009) para su identificación hasta el máximo nivel taxonómico posible (género o especie) según el caso. Posteriormente fueron almacenados luego en alcohol al 70% siguiendo la metodología utilizada en los trabajos de Oliva (1997); Gómez (2008) y Aballay *et al.* (2013, 2014, 2016). Parte del material procesado fue montado y depositado en la Colección Entomológica del IMCN-FCEFNS UNSJ, Argentina (Colección 464, Centro 801-UNSJ), el material restante quedó depositado en el Laboratorio de Entomología del Instituto y Museo de Ciencias Naturales para futuro montaje e incorporación en la colección entomológica.



**Fig. 4.** Metodología y activación de las trampas. **A)** Modelo de trampa utilizado en la colecta del muestreo (Aballay *et al.*, 2016). **B y C)** Trampa colocada entre rocas para proteger su contenido de las inclemencias climáticas y carroñeros vertebrados.

## 7. 4. Análisis de datos

### 7. 4. 1. Ensamble de coleópteros cadavéricos

Se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos de los ensambles presentes en los pisos de estudio de cada gradiente altitudinal. Para ello, se calculó la riqueza y la abundancia relativa de cada especie en cada punto de muestreo y en su conjunto (gradiente), para realizar comparaciones entre muestras. Con respecto a los datos muestrales, estos fueron tratados con estadísticos descriptivos como medias, varianzas y desviaciones estándar. Se probó la independencia de los datos estadísticos y el supuesto de normalidad, este último fue puesto a prueba con Shapiro-Wilk. La homocedasticidad de varianzas fue comprobada mediante la prueba de Levene (Rohlf & Sokal, 1980). Los datos que no cumplieron con los supuestos para hacer pruebas paramétricas fueron analizados con pruebas estadísticas no paramétricas. Los análisis se efectuaron por medio del software estadístico PAST versión 4.13 (Hammer *et al.*, 2001).

### 7. 4. 2. Análisis del ensamble de coleópteros cadavéricos

Para analizar la variación de la abundancia relativa de las especies entre pisos altitudinales a lo largo de los meses se utilizó el análisis permutacional multivariado de varianza (PERMANOVA), por medio del índice de similitud de Bray-Curtis. Se ajustó un Modelo Lineal Generalizado (GLM) con distribución Gamma (por tener datos positivos y continuos) para evaluar si existía diferencia en la abundancia entre transectas. Se aplicó

el Test Wald para evaluar diferencias entre los niveles de las variables explicativas utilizando la librería *aod* (Lesnoff & Lancelot, 2012). Para estos análisis se utilizó el software R 4.2.1 (2022). Contemplando un nivel de significancia menor al 0.05.

La diversidad específica fue estimada para cada piso mediante el uso de diferentes índices: el índice de Shannon-Weaver (H) (Shannon & Weaver, 1949), el cual es sensible a variaciones en la abundancia de especies raras; índice de Simpson (D) que demuestra la dominancia que tiene una o más especies en la comunidad (Simpson, 1949); índice de Pielou (J) para evaluar la equitatividad o grado en el que las diferentes especies son similares en abundancia (Pielou, 1966).

### **Índice de Shannon-Weaver**

Es uno de los más utilizados para determinar la diversidad de especies de plantas de un determinado hábitat (Odum, 1972).

$$H' = - \sum Pi \times \ln Pi$$

H = índice de Shannon-Weaver.

Pi = número de individuos de una especie entre el número total de individuos de todas las especies.

Log = logaritmo.

### **Índice de equidad de Pielou**

Mide la proporción de la diversidad observada con relación a la diversidad máxima esperada. Su valor va de 0 a 1, mientras la proporción tienda más a uno indica que todas las especies son igualmente abundantes (Marrugan, 1988).

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Donde:

J' = índice de equidad de Pielou.

H' = valor del índice de Shannon-Weaver.

$H'_{\max}$  = logaritmo de base 10 del número de especies.

### Índice de dominancia (D) y de diversidad de Simpson.

El índice de Simpson, es inverso al concepto de equidad de la comunidad, ya que toma en cuenta las especies con mayor importancia sin considerar al resto de especies, siendo menos sensible con la riqueza de las especies (Krebs, 1978; Marrugan, 1988; Feisinger, 2004).

Simpson (1949) manifestó la probabilidad de tomar 2 individuos al azar de una comunidad infinita que sean de diferentes especies. Mientras el valor de D incrementa, la diversidad decrece.

$$D = \sum (p)^2$$

Donde:

$p$  = proporción de individuos en la  $i$ ésima especie respecto al número total de individuos.

$$p = \frac{n_i}{N}$$

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ .

$N$  = Número total de individuos de todas las especies.

El valor  $D$  oscila entre 0 y 1. En ausencia de diversidad, donde hay sólo una especie presente, el valor de  $D$  es 1. Cuando la riqueza y la equitatividad de las especies se incrementan, el valor se aproxima a 0. Dado que cuanto mayor sea el valor de  $D$ , menor es la diversidad, se resta 1 a  $D$  para obtener:

$$\text{Índice de diversidad de Simpson} = 1 - D$$

El valor de este índice también oscila entre 0 y 1, pero ahora el valor se incrementa con la diversidad.

Las curvas de Rango-Abundancia, también conocidas como el diagrama de Whittaker, son modelos paramétricos que describen de forma gráfica la importancia

(abundancia) de las especies, un componente de la biodiversidad (Whittaker, 1965; Magurran, 1988; Feinsinger, 2004; Moreno, 2001). Supera las limitaciones de los índices de biodiversidad, que no pueden mostrar la importancia relativa de cada variable en el cálculo (Magurran, 1988; Feinsinger, 2004). Las especies, organizadas en una secuencia de mayor a menor importancia, forman una progresión continua desde las dominantes hasta las intermedias y las raras (Magurran, 1988).

La curva es representada en un gráfico 2D con los ejes Y y X que muestran la abundancia relativa y el rango de abundancia.

- Eje X= el rango de abundancia. A la especie más abundante se le asigna el rango 1, la segunda más abundante es el 2 y así sucesivamente.
- Eje Y= La abundancia relativa. Generalmente medida en una escala logarítmica, es una medida de la abundancia de una especie (por ejemplo, el número de individuos) en relación con la abundancia de otras especies.

Interpretación de una curva de rango de abundancia: La riqueza y la uniformidad de las especies se muestran visualmente en la curva de rango de abundancia (Magurran, 1988). La riqueza de especies se puede ver como el número de especies diferentes en el gráfico, es decir, cuántas especies están clasificadas. La uniformidad de las especies se refleja en la pendiente de la línea que se ajusta a la gráfica (asumiendo una relación lineal, es decir, una serie logarítmica) (Magurran, 1988). Dado que las especies de alto rango tienen una abundancia mucho mayor que las especies de bajo rango, un gradiente pronunciado indica una baja uniformidad. Un gradiente poco pronunciado indica una alta uniformidad ya que las abundancias de diferentes especies son similares (Magurran, 1988).

#### **7. 4. 3. Potenciales asociaciones entre coleópteros cadavéricos**

Para medir el recambio de especies entre los pisos de muestreo (diversidad-beta) y las abundancias de cada especie dentro de cada transecta, se empleó el índice de similitud de Bray-Curtis (BC) (Beals, 1984). Para evaluar la disimilitud o comparaciones gráficas de la composición de especies entre pisos, se realizó un análisis de agrupación jerárquica (clusters) y distancia de disimilitud de Bray-Curtis a dos vías entre pisos altitudinales y la abundancia de las especies de cada transecto (Beals, 1984).

Para establecer las asociaciones entre las especies de coleópteros y las diferentes alturas, se realizó un Análisis de Correspondencia (AC), técnica descriptiva del análisis estadístico multivariado (Hair *et al.*, 1998). Para los individuos que no se logró determinar mediante las claves o por falta de las mismas el mínimo nivel taxonómico, se los agrupo a los morfos por familias o por complejo de especies (Tenebrionidae, Trogidae, Elateridae, Carabidae, Cleridae, Chrysomelidae, Curculionidae, Meloidae y el Grupo peruviano). Para Necrófilos (Histeridae y Staphylinidae) actualmente si disponen de claves taxonómicas, pero no para la mayoría de los necrófagos registrados en este estudio (Oliva, 1997; Gómez, 2008; Almeida & Mise, 2009 y Aballay *et al.* 2013, 2014, 2016).

Las asociaciones en el AC se establecen mediante el análisis de los datos contenidos en una tabla de contingencia y el Chi cuadrado proporciona una medida estandarizada de las asociaciones entre las filas y columnas de la tabla de contingencia. El AC transforma estas medidas de asociación en distancias métricas y crea dimensiones ortogonales en las que las categorías se pueden proyectar para establecer la mejor asociación, basadas en las distancias Chi cuadrado (Hair *et al.*, 1998). El objetivo del AC es producir un ordenamiento simultáneo de objetos (especies de coleópteros) y variables (altura) en un plano de dos dimensiones, con el mejor ajuste, lo que revelará al final su mutua correspondencia o grado de asociación (Podani, 1994; Hair *et al.*, 1998). Contemplamos un nivel de significación menor al 0,05. Para estos análisis se utilizó el programa PAST versión 4.12 (Hammer *et al.*, 2001).

#### 7. 4. 4. Especies indicadoras de pisos altitudinales

Actualmente, es el método más utilizado para seleccionar especies indicadoras y conjuntos de especies que caracterizan grupos de pisos. Fue propuesto por Dufrêne y Legendre (1997), y se basa en el grado de especificidad (exclusividad a un hábitat particular) y el grado de fidelidad (frecuencia de ocurrencia dentro del mismo hábitat). Ambos parámetros son medidos de manera independiente para cada especie y expresados como un porcentaje. El Valor Indicador (IndVal) se calcula como:

$$InVal = Especificidad \times Fidelidad \times 100$$

Donde:

$$Especificidad = \frac{N_{ind_{ij}}}{N_{ind_i}}$$

$$Fidelidad = \frac{N_{trap_{ij}}}{N_{trap_j}}$$

$N_{ind_{ij}}$  es el número promedio de individuos de la especie  $i$  en el tipo de hábitat  $j$ .

$N_{ind_i}$  es la suma del número promedio de individuos de la especie  $i$  sobre todos los tipos de hábitat.

$N_{trap_{ij}}$  es el número de trampas en el hábitat  $j$  donde está presente la especie  $i$ .

$N_{trap_j}$  es el número total de trampas en ese hábitat.

En el IndVal, a mayor ocurrencia de la especie en las muestras de un hábitat particular, habrá un mayor valor de especificidad y fidelidad, y por tanto un porcentaje alto (Dufrêne & Legendre, 1997). Las especies con porcentajes altos (mayor al 50%) se consideran mejores indicadoras porque tienen mayores probabilidades de ser detectadas en un hábitat particular, mientras que las especies raras tendrán porcentajes bajos (menor al 20%) (Dufrêne & Legendre, 1997). Las especies con valores intermedios (entre 20-50%) pueden servir como detectoras, ya que proveen información de más de un hábitat y pueden dar nociones de la dirección de los cambios en la calidad del hábitat (grado de conservación o grado de perturbación) (Dufrêne & Legendre, 1997).

Para determinar si algunas de las especies encontradas podrían usarse como indicadores forenses en diferentes pisos altitudinales y entre los gradientes fue calculado el Índice de Valor Indicador (IndVal) (Dufrêne & Legendre, 1997). En comparaciones múltiples el nivel de significación fue ajustado mediante una corrección de Bonferroni con un nivel de significación menor al 0,05 (Bland & Altman, 1995). Se consideró como especies indicadoras aquellas cuyos resultados estuvieron entre el 50% y 100%. Para los análisis fue utilizado los programas Past versión 4.13 (Hammer *et al.*, 2001).

## **8. Resultados**

### **8. 1. Composición específica de los coleópteros cadavéricos**

Durante el período estival comprendido entre diciembre del año 2020 hasta febrero del año 2021, el esfuerzo de muestreo para las dos transectas fue de 126 trampas cebadas (3.024 días/trampas, 72.526 horas/trampas). Esto permitió coleccionar 17177 ejemplares de coleópteros con potencial forense, de los cuales fueron identificadas 39 especies incluidas en 14 Familias (Tabla 1, Fig. 1, 2, 3, 4 y 5 del anexo). La Tabla 1 muestra una lista de especies de coleópteros cadavéricos asociados con materia orgánica en descomposición, indicando transecta y el piso altitudinal correspondiente.

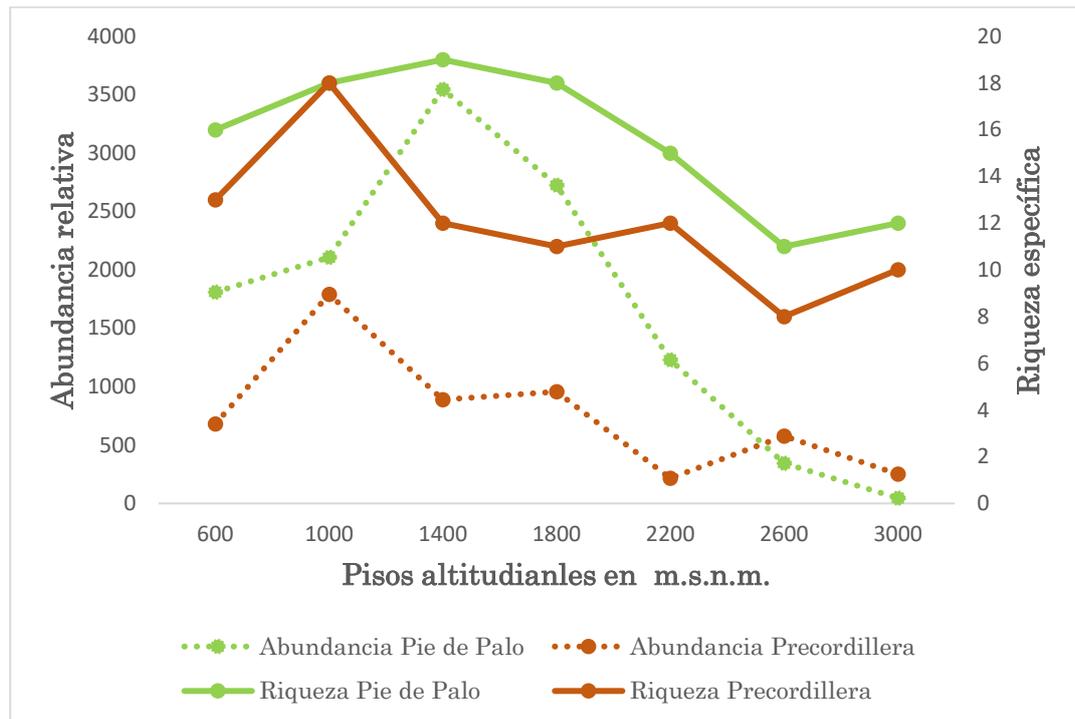
**Tabla 1.** Listado de coleópteros cadavéricos presentes en los gradientes altitudinales de Pie de Palo (E) y Precordillera (C), y se indica la presencia de cada especie por piso de muestreo (Altura en metros sobre el nivel del mar).

Familia	Rol trófico	Especie	Abreviatura	Metros sobre el nivel del mar							
				600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	
<b>Histeridae</b>	Necrófilos	<i>Carcinops</i> sp.	(Carcisp)		C						
		<i>Euspilotus ater</i>	(Eater)		E, C						
		<i>Euspilotus bisignatus</i>	(Ebis)				C				
		<i>Euspilotus caesopygus</i>	(Ecae)				E	E, C	E, C	E, C	
		<i>Euspilotus lacordairei</i>	(Elac)	E, C	E, C	E, C	E, C	E, C			E
		<i>Euspilotus lepidus</i>	(Elep)							C	C
		<i>Euspilotus modestus</i>	(Emod)	E	E	E					
		<i>Euspilotus pavidus</i>	(Epav)	E	E, C	C	E				
		<i>Euspilotus richteri</i>	(Erit)					C	C	C	C
		<i>Euspilotus strobili</i>	(Estr)			E			E		
		<i>Hololepta</i> sp.	(Holosp)			E, C	E				
		<i>Xerosaprinus diptychus</i>	(Xdip)	E, C	E, C	E, C	E, C	E, C			
<b>Dermestidae</b>	Necrófagos	<i>Dermestes maculatus</i>	(Dmac)	E, C	E, C	E, C	E, C	E, C	E, C	E, C	
		Grupo peruviiano	(Gperu)	E, C	E, C	E, C	E, C	E, C	E	C	
<b>Staphyllinae</b>	Necrófilos	<i>Aleochara signaticollis</i>	(Asig)							E	
		<i>Aleochara</i> sp.	(Alsp)	C	C		E	E	E	E, C	
		<i>Anotylus</i> sp.	(Ansp)	C	C						
		<i>Atheta</i> sp.	(Atsp)	C	C		E	E	E	E, C	
		<i>Belonuchus rufipennis</i>	(Bruf)	E		E	E				
		<i>Creophilus maxillosus</i>	(Cmax)		E	E, C	E, C	E	E	E	
		<i>Philonthus flavolimbatus</i>	(Pflavi)			E					
		<i>Philonthus longicornis</i>	(Plong)	E, C	E	E, C	E	E	E		
<i>Philonthus quadraticeps</i>	(Pquad)	C	C					E	E		
<b>Carabidae</b>	Necrófilo	Carabidae spp.	(Carasp)	E, C	E, C	E, C	E, C	E			
<b>Cleridae</b>	Necrófilos	<i>Necrobia rufipes</i>	(Nrufi)	E, C	E	E, C	E, C	C			
		Cleridae spp.	(Clsp)			C	C				
<b>Chrysomelidae</b>	Oportunista	Chrysomelidae spp.	(Crsp)		C						
<b>Curculionidae</b>	Oportunista	Curculionidae spp.	(Cusp)	E	C	E	E	C		E	
<b>Elateridae</b>	Necrófago	Elateridae spp.	(Elsp)		E, C	E	E	C			
<b>Meloidae</b>	Necrófilo	Meloidae spp.	(Melosp)			E					
<b>Nitidulidae</b>	Necrófago	<i>Nitidulia carnaria</i>	(Ncarn)	C	E, C		E		E		
<b>Ommatidae</b>	Oportunista	<i>Tetraphalerus bruchi</i>	(Tbruchi)		E						
<b>Scarabaeidae</b>	Necrófago	<i>Canthon mutabilis</i>	(Scsp)	E	E						
<b>Tenebrionidae</b>	Necrófagos	<i>Achanius</i> sp.	(Acsp)	E							
		<i>Emmallodera perlifera</i>	(Eper)	E							
		<i>Megelenophorus americanus</i>	(Mamer)			C					
		<i>Scotobius wittmeri</i>	(Switt)					E	E	E	
Tenebrionidae spp.	(Tesp)	E, C	E, C	E		E, C	C	E, C			
<b>Trogidae</b>	Necrófago	Trogidae spp.	(Trsp)	E	E	E, C	E, C	E, C	E, C	E	

## 8. 2. Ensamble de coleópteros cadavéricos

En Pie de Palo la abundancia relativa de coleópteros cadavéricos difirió significativamente entre los diferentes pisos altitudinales (PERMANOVA,  $F= 12,453$ ;  $df= 6$  y  $p= 0,0001$ ). En Precordillera la abundancia relativa de coleópteros cadavéricos presentó diferencias significativas en relación a los pisos altitudinales (PERMANOVA,  $F= 8,6773$ ;  $df= 6$  y  $p= 0,0001$ ). Los resultados del Modelo Lineal Genralizado (GLM) con distribución Gamma, mostraron que la abundancia relativa de coleópteros cadavéricos no presentó diferencias significativas entre las transectas de Pie de Palo y Precordillera ( $t\text{-student}= 0,468$ ;  $p= 0,64$ ) (Tabla 1 del anexo).

El 69% de los individuos (11814 individuos) fue colectado en el gradiente altitudinal de Pie de Palo, mientras que el 31% fue registrado en Precordillera (5363 individuos), (Tabla 2 del anexo). La abundancia relativa en Pie de Palo fue mayor a los 1400 m s.n.m. (30%), y la menor a los 3000 (0,00389%) y 2600 (3%) m s.n.m., y similar para el resto de las alturas (15%; 18%; 23%; 3% para los 600, 1000 y 1800 m s.n.m., respectivamente) (Tabla 2 y Fig. 2 del anexo). En Precordillera la abundancia relativa fue mayor a los 1000 m s.n.m. (33%) y la menor a 2200 y 3000 m s.n.m (4% y 5%, respectivamente) (Tabla 2 y Fig. 3 del anexo). La riqueza general de especies fue mayor en Pie de Palo a los 1400 m s.n.m. con 19 especies, mientras que fue menor a los 2600 m s.n.m. con 11 especies; en Precordillera fue mayor a los 1000 y la menor a los 2600 m s.n.m. (Fig. 5; Tabla 2, Figuras 4 y 5 del anexo).



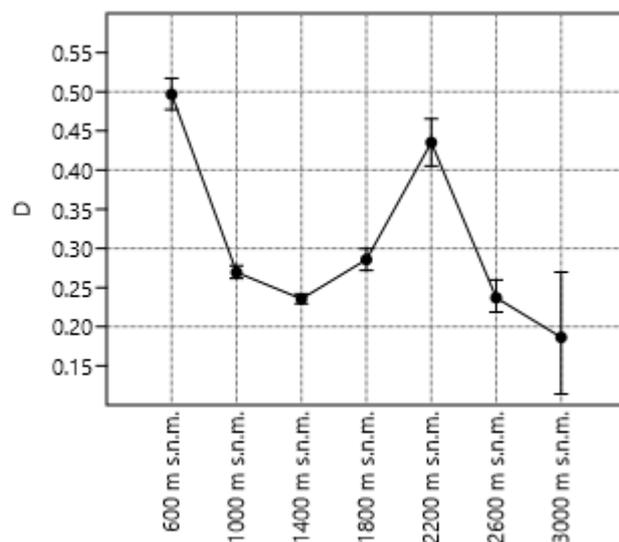
**Fig. 5.** Diferencias entre Pie de Palo y Precordillera en cuanto a la abundancia y riqueza registrada a lo largo de los gradientes altitudinales estudiados.

La familia Histeridae presentó el mayor número de ejemplares colectados (10415 ejemplares, 60%), seguida por Dermestidae (6017 ejemplares, 35%) y los ejemplares restantes (745 ejemplares, 4%) quedaron distribuidos en el resto de las familias (Tabla 2). Las especies más abundantes en este estudio fueron *Dermestes maculatus* (29%) (Dermestidae), *Euspilotus lacordairei* (24%), seguida de *E. ater* (17%) y *Xerosaprinus diptychus* (14%) (Histeridae). Considerando todas las especies registradas, estas especies nombradas contabilizaron el 84% de todos los ejemplares colectados. Histeridae presentó la mayor riqueza con 12 especies, seguida por Staphylinidae con 9 especies y Tenebrionidae con 5 especies identificadas (Tabla 2; Fig. 1 del anexo). Estas tres familias representaron casi el 67% de la riqueza específica total registrada durante este estudio.

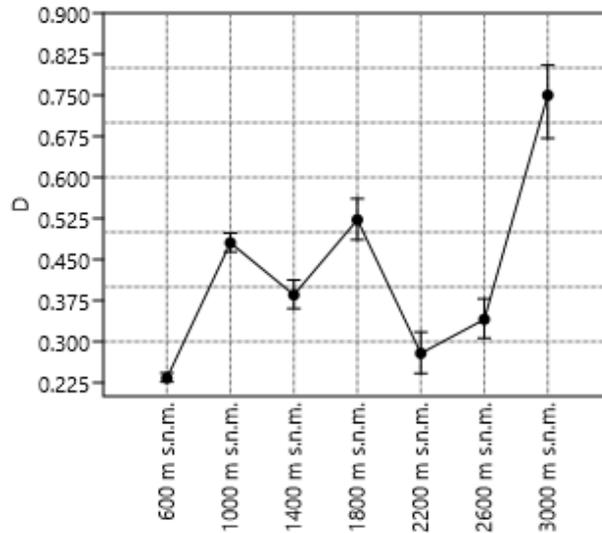
**Tabla 2.** Abundancia total y riqueza específica por familias de coleópteros cadavéricos registrados en los gradientes altitudinales de Pie de Palo y Precordillera en San Juan, Argentina.

Familias	N° de individuos Pie de Palo	N° de individuos Precordillera	N° de individuos totales del estudio	Riqueza de especies Pie de Palo	Riqueza de especies Precordillera	Riqueza de especies del estudio
Histeridae	8141	2274	10415	8	10	12
Dermestidae	3096	2921	6017	2	2	2
Staphyllinidae	229	85	314	7	6	9
Trogidae	258	36	294	1	1	1
Tenebrionidae	42	13	55	4	2	5
Carabidae	15	14	29	1	1	1
Elateridae	15	4	19	1	1	1
Curculionidae	4	7	11	1	1	1
Cleridae	6	4	10	1	2	1
Nitidulidae	3	4	7	1	1	2
Scarabaeidae	3	0	3	1	0	1
Chrysomelidae	0	1	1	0	1	1
Meloidae	1	0	1	1	0	1
Ommatidae	1	0	1	1	0	1
<b>Total</b>	<b>11814</b>	<b>5363</b>	<b>17117</b>	<b>30</b>	<b>28</b>	<b>39</b>

En Pie de Palo, la mayor dominancia (D) se registró a 600 m s.n.m. y 2200 m s.n.m., en contraste la menor se registró a los 3000 m s.n.m. (Fig. 6; Tabla 3 del anexo). En Precordillera la mayor dominancia se registró a los 3000 m s.n.m., seguido de 1800 y 1000 m s.n.m. (Fig. 7; Tabla 3 del anexo).

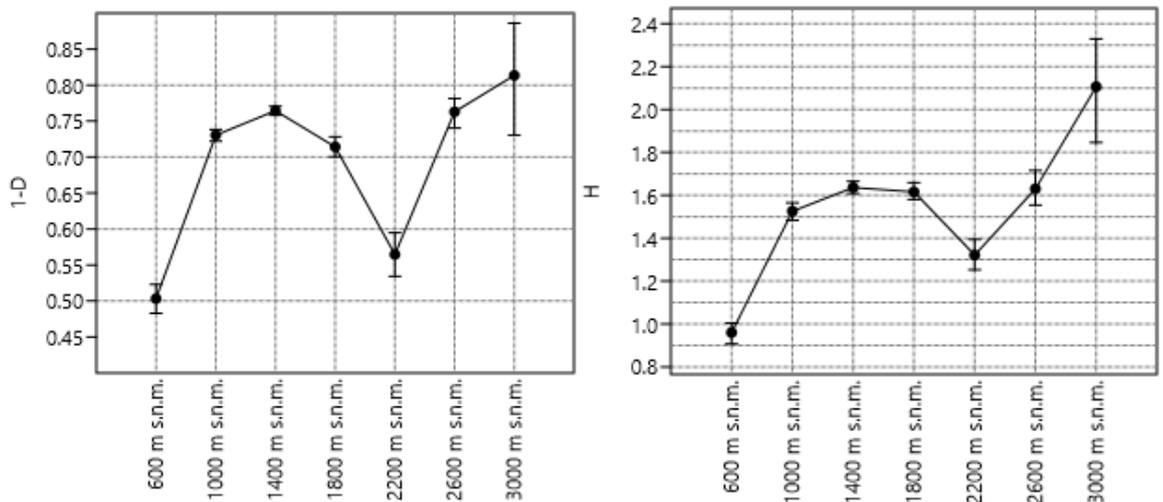


**Fig. 6.** Índices de Dominancia (D) para distintos pisos altitudinales en Pie de Palo, San Juan, Argentina.

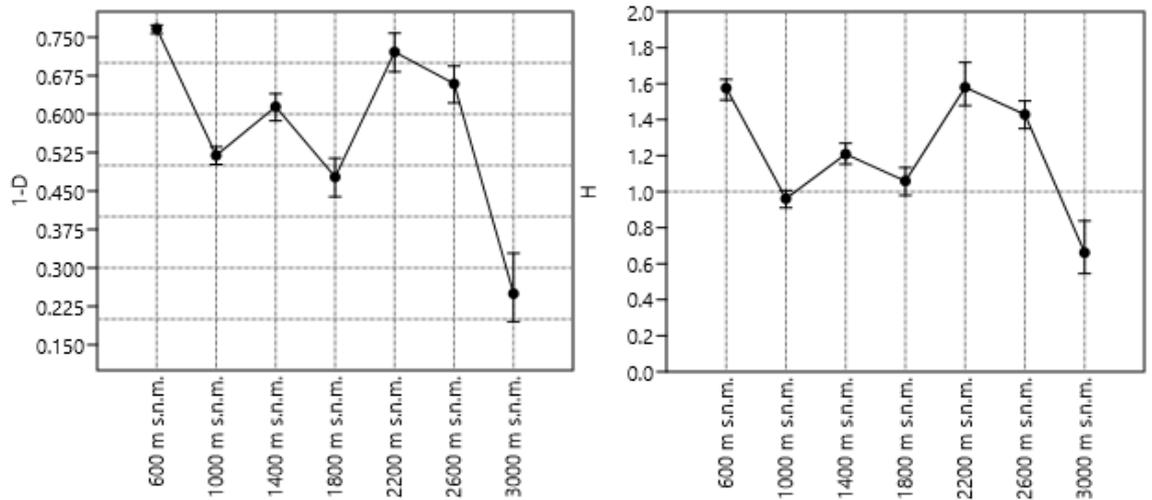


**Fig. 7.** Índices de Dominancia (D) para distintos pisos altitudinales en Precordillera, San Juan, Argentina.

En Pie de Palo el índice de diversidad de Simpson (1-D) y Shannon-Weaver (H) aumentan a medida que aumenta la altura, de los 600 a los 1400 m s.n.m., luego el patrón es variable hasta los 3000 m s.n.m., con su pico en este último piso. Sin embargo, se mantienen relativamente similar en las alturas intermedias, a excepción de los 2200 m s.n.m. donde denota una depresión (Fig. 8; Tabla 3 del anexo). En Precordillera, los índices 1-D y H presentan tres picos, a los 600, 1400 y 2200-2600 m s.n.m (Fig. 9; Tabla 3 del anexo).

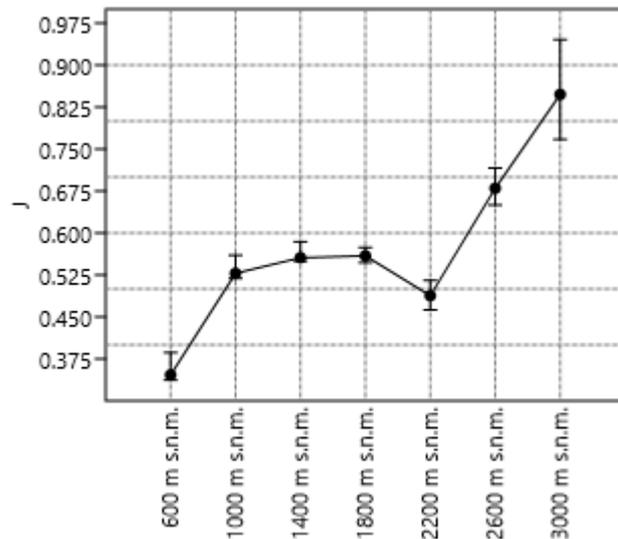


**Fig. 8.** Índices de Simpson complementario (1-D) y Shannon-Weaver (H), para distintos pisos altitudinales en Pie de Palo, San Juan, Argentina.

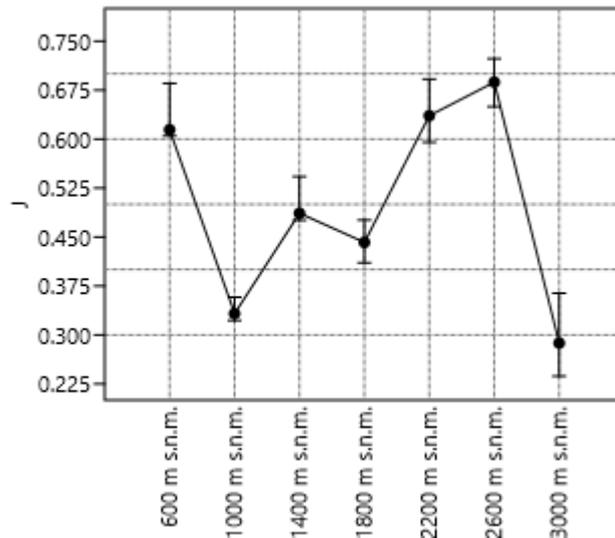


**Fig. 9.** Índices de Simpson complementario (1-D) y Shannon-Weaver (H), para distintos pisos altitudinales en Precordillera, San Juan, Argentina.

En Pie de Palo el índice de equitatividad de Pielou (J) fue mayor a los 3000 m s.n.m. y fue menor a los 600 m s.n.m. (Fig. 10; Tabla 3 del anexo). En Precordillera el índice J registró su mayor valor a los 2600 m s.n.m. y su menor valor en los 1000 m s.n.m. (Fig. 11; Tabla 3 del anexo).



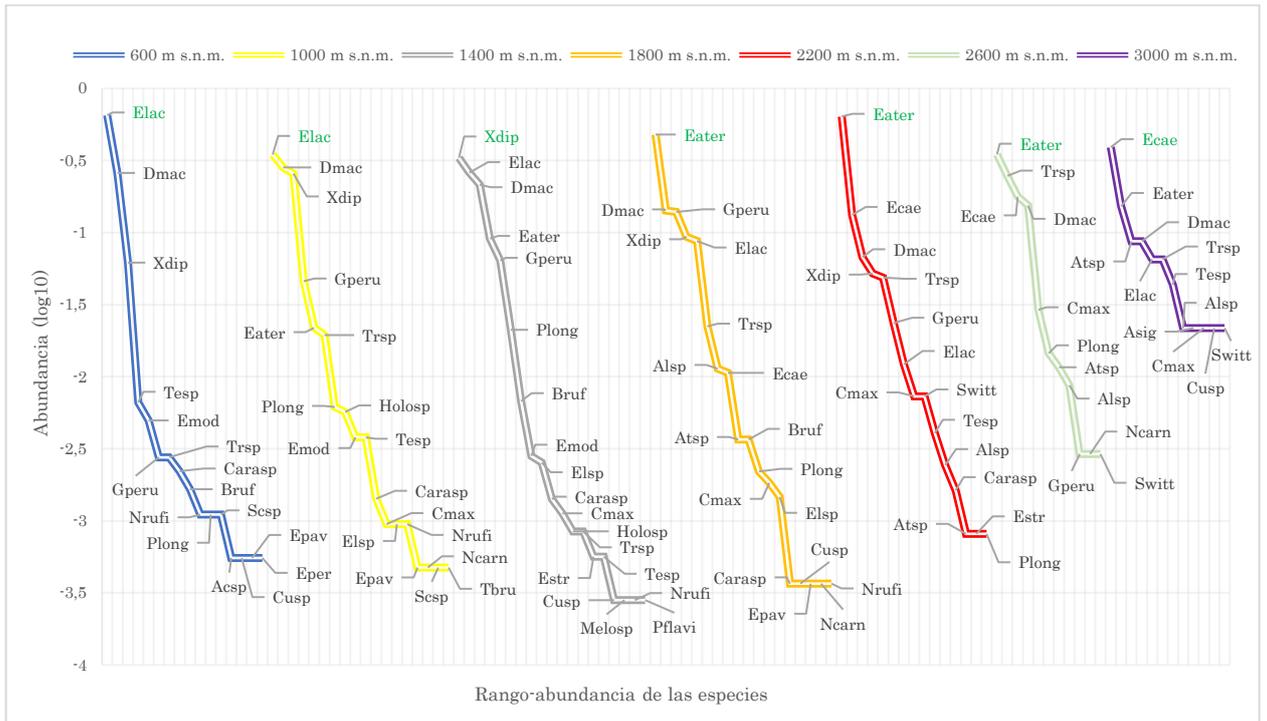
**Fig. 10.** Índices de Pielou (J) para distintos pisos altitudinales en Pie de Palo, San Juan, Argentina.



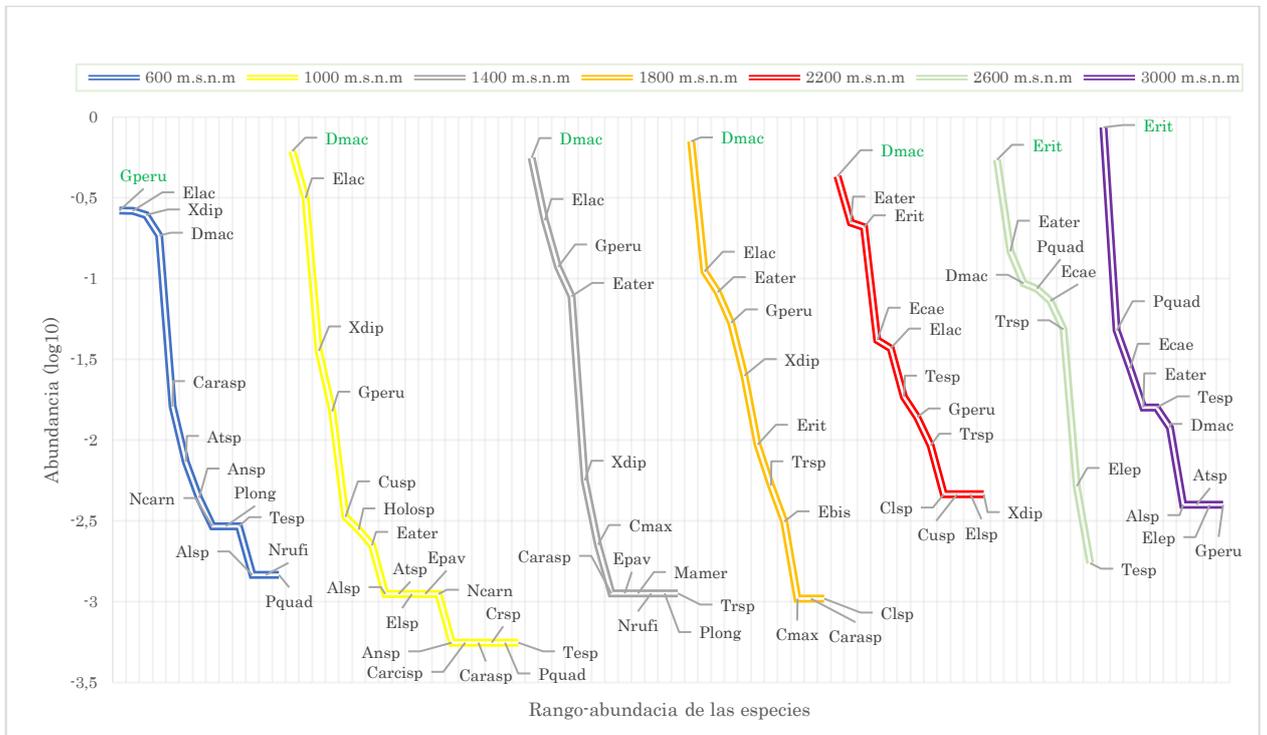
**Fig. 11.** Índices de Pielou (J) para distintos pisos altitudinales en Precordillera, San Juan, Argentina.

La transecta correspondiente a Pie de Palo presentó la mayor diversidad ( $1-D=0,7958$  y  $H=1,987$ ) y equitatividad ( $J=0,7995$ ), sin embargo, el mayor valor de dominancia ( $D=0,7512$ ) surgió en Precordillera (Tabla 3 del anexo).

A través del análisis de las curvas de rango-abundancia efectuados para Pie de Palo se determinó que la mayor la riqueza y la uniformidad de las especies correspondió a los 1400 m s.n.m., donde la curva de la gráfica para ese piso, en comparación con los otros pisos, tiene su mayor longitud y uniformidad ya que las abundancias de diferentes especies son relativamente más similares. Así mismo, comparando todos los pisos altitudinales, encontramos un notorio reemplazo de las especies más dominantes (ubicadas en primer orden en cada piso) a medida que ascendemos de 600 a 3000 m s.n.m. (Fig. 12 y 15). En cambio, para Precordillera se registró la mayor diversidad a los 600 m s.n.m. y, aunque había otros ensambles muy similares, fue este el que resaltó por el mayor número de especies y uniformidad de las dominantes (ubicadas en primer orden) y las raras (ubicadas en el último orden). La menor diversidad se observó en los 3000 m s.n.m.. Además, se observa menor reemplazo que en Pie de Palo con respecto a las especies dominantes, a medida que avanzamos a lo largo del gradiente altitudinal encontramos a dominante en los 600 m s.n.m. al Grupo peruviiano, pero después hay reemplazo de dominancia en el piso siguiente por la especie *D. maculatus* (dominancia en los pisos 1000 a 2200 m s.n.m.), el último reemplazo de dominancia es desde 2600 a 3000 m s.n.m. por *E. richteri* para esta transecta (Fig. 13 y 17).



**Fig. 12.** Curvas de Rango-Abundancia para Pie de Palo. Se observan las variaciones en cuanto a la diversidad, debido a la riqueza de especies y distribución de las abundancias relativas de las mismas. Las especies dominantes se encuentran en la parte superior de cada curva, mientras que las especies raras se observan en el extremo inferior de las mismas. En verde la especie dominante por piso altitudinal. En la Tabla 1 pueden observarse las abreviaciones correspondientes.



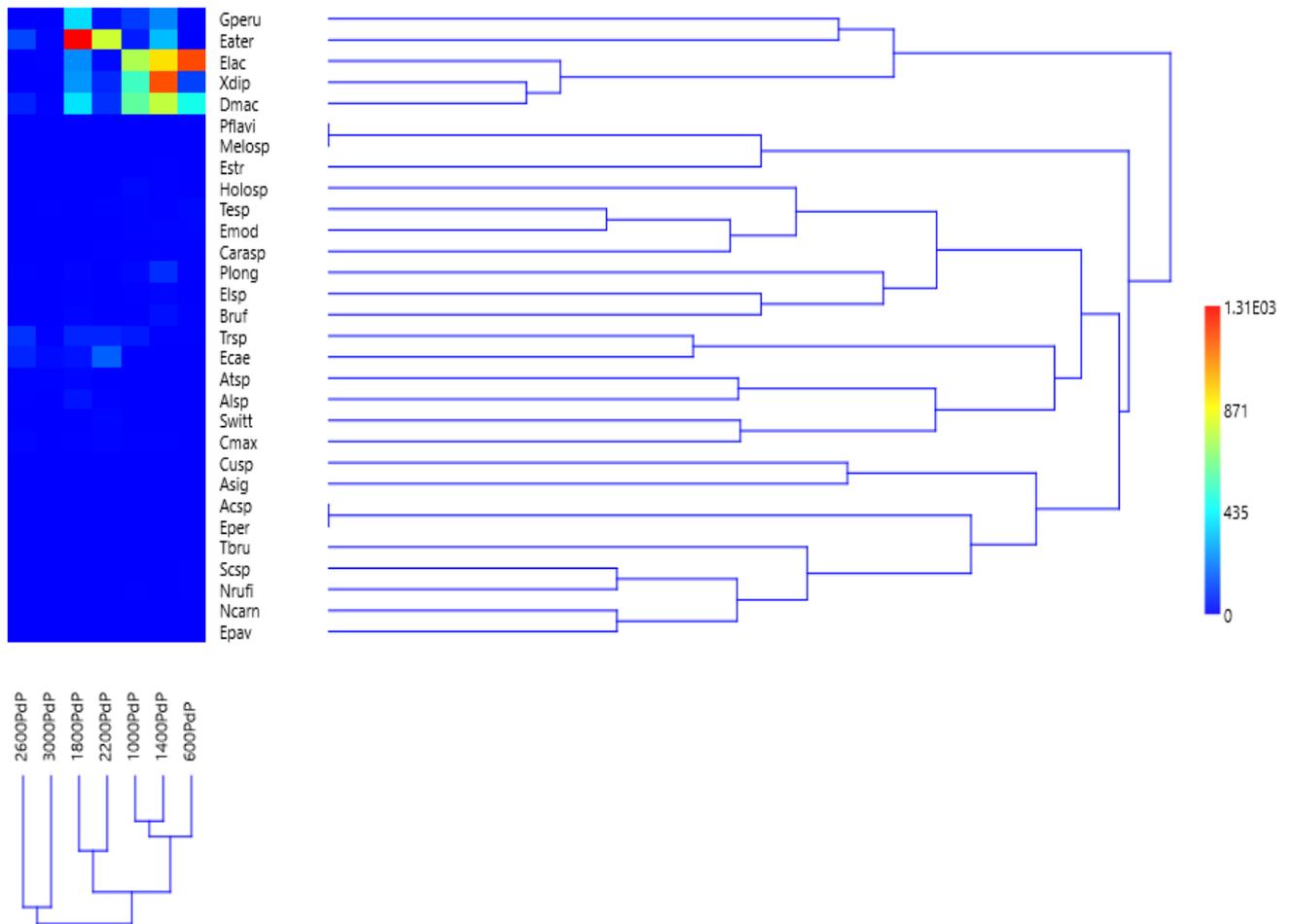
**Fig. 13.** Curvas de Rango-Abundancia para Precordillera. Se observan las variaciones en cuanto a la diversidad, debido a la riqueza de especies y distribución de las abundancias relativas de las mismas. Las especies

dominantes se encuentran en la parte superior de cada curva, mientras que las especies raras se observan en el extremo inferior de las mismas. En verde la especie dominante por piso altitudinal. En la Tabla 1 pueden observarse las abreviaciones correspondientes.

### **8. 3. Asociación de coleópteros cadavéricos**

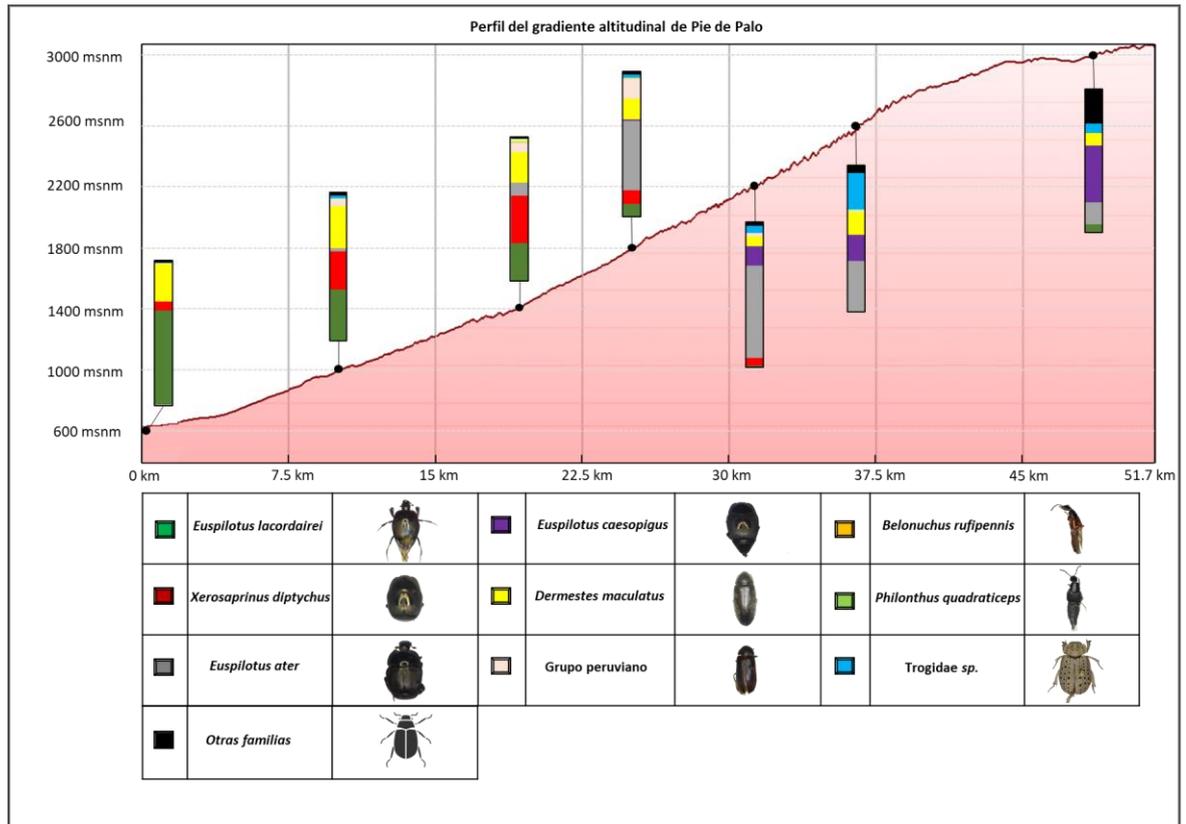
#### **Pie de Palo**

A medida que aumenta la altitud, hay cambio y reemplazo de las especies entre ensambles (Fig. 14 y 15; Tabla 4, Fig. 6 y 8 del anexo). La similitud en la composición de especies disminuye conforme aumenta la distancia entre los ensambles, siendo menor la similitud entre los ensambles de 600 y 3000 m s.n.m.. Así mismo, podemos apreciar que el grado de similitud en la composición de especies es mayor entre 1000 y 1400 m s.n.m., y estos pisos altitudinales presentan menor similitud con el ensamble de 600 m s.n.m.. Este ensamble presenta menos similitud, incluso menos del 50%, con los pisos siguientes 1800 y 2200 m s.n.m., pero entre estos hay una similitud del 54% en cuanto a la composición de especies que se encuentran en estos ensambles. Por último, las altitudes de 2600 y 3000 m s.n.m. tienen similitudes bajas en cuanto a sus especies con los pisos anteriormente nombrados, pero entre ellos existe un 20% de similitud en cuanto a especies que los componen.



**Fig. 14.** Determinación gráfica de diversidad beta por medio del índice de similitud de Bray-Curtis a dos vías: Dendrograma de los agrupamientos de pisos altitudinales con agrupamientos de especies con abundancia y asociación similar por pisos altitudinales en Pie de Palo. A mayor grado de similitud (menor longitud de separación entre las ramas del clúster) menor cantidad de cambio y reemplazo de especies entre pisos altitudinales. Los cambios de coloración de los cuadrantes pertenecientes a los pisos altitudinales se deben a los valores de abundancia, desde 0 (color azul) hasta más de 1000 individuos (color rojo). Ver abreviaciones de las especies a en la Tabla 1.

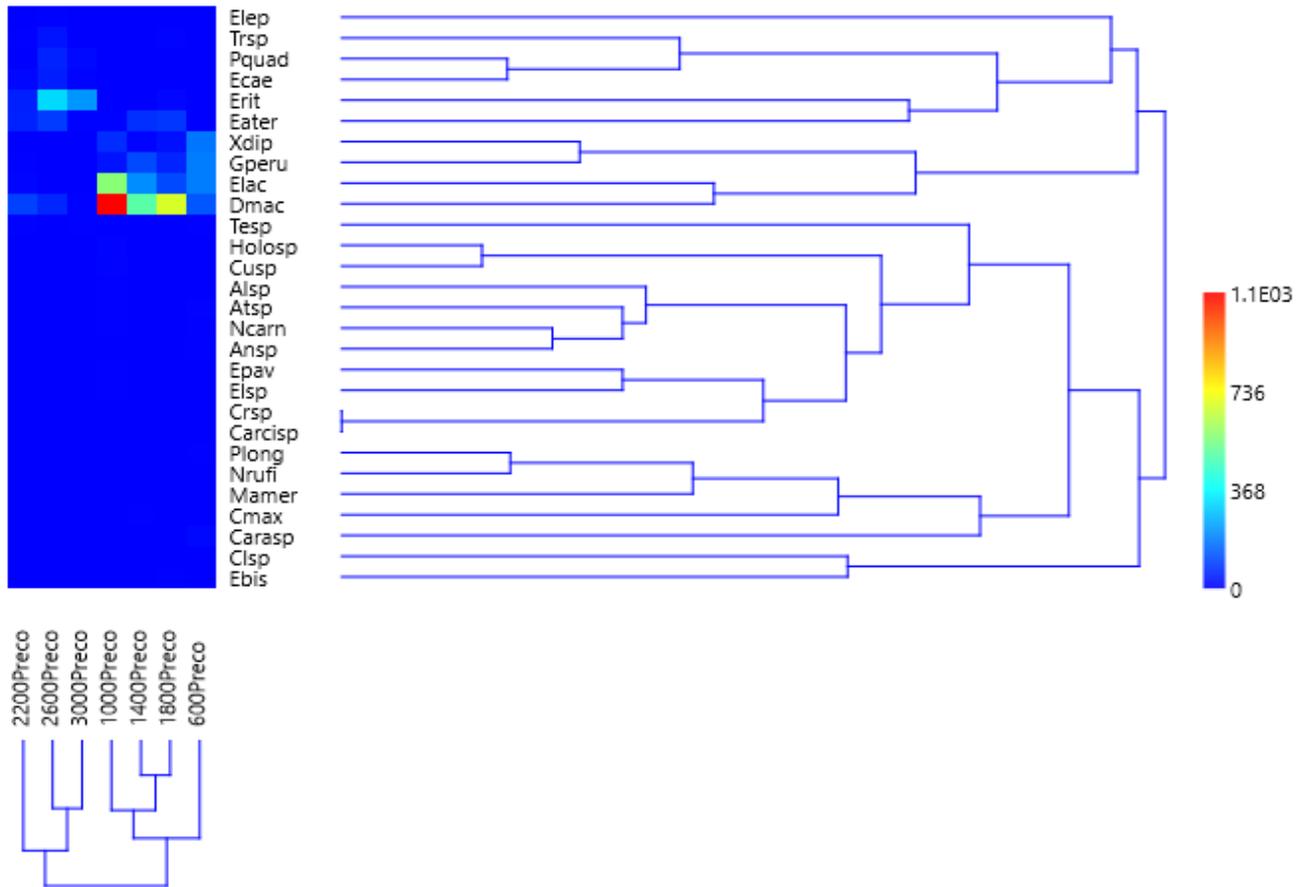
Las especies más abundantes, fueron *D. maculatus*, *E. lacordairei* (600 m s.n.m.) y *X. diptychus* (1000 m s.n.m.), que se encuentran asociadas porque comparten los pisos de menor altitud y sus abundancias son relativamente proporcionales en esta distribución en base al análisis de similitud de Bray-Curtis por agrupamientos (Fig. 14 y 15). Encontramos a las especies *B. rufipennis* (600 m s.n.m.) y *P. longicornis* (1400 m s.n.m.), asociadas a altitudes bajas. También encontramos que *B. rufipennis*, *P. longicornis* y morfos agrupados en la Familia Elateridae, aparecen asociadas a las mismas altitudes bajas, conformando un grupo. Las especies *E. ater* y el Grupo peruvianus (Dermestidae) son las más abundantes en alturas intermedias de 1800 y 2200 m s.n.m.. Las especies *C. maxillosus* (2200 m s.n.m.), *S. wittmerii* (2200 m s.n.m.), *Aleochara* sp. (1800 m s.n.m.) y *Atheta* sp. (3000 m s.n.m.), están asociadas a altitudes intermedias-altas y son poco abundantes, por lo cual su similitud en su agrupamiento se basa en sus abundancias relativamente equitativas (Fig. 14 y 15). Las especies *E. caesopygus* (3000 m s.n.m.) y morfos dentro de la Familia Trogidae (2600 m s.n.m.) están asociados a los pisos de mayor altitud, con una abundancia proporcional relativamente similar (Fig. 14 y 15).



**Fig. 15:** Perfil de elevación del gradiente altitudinal de Pie de Palo denotando la abundancia proporcional de las diferentes especies para cada piso altitudinal. Las especies con mayor abundancia proporcional presentan colores diferentes por resaltar su dominancia y reemplazo entre los diferentes pisos, las de menor abundancia al no ser notorias en la gráfica presentan la misma coloración. Elac= *Euspilotus lacordairei*, Xdip= *Xerosaprinus diptychus*, Eater= *Euspilotus ater*, Eca= *Euspilotus caesopygus*, Dmac= *Dermestes maculatus*, Gperu= Grupo peruvianus, Bruf= *Belonuchus rufipennis*, Plong= *Philonthus longicornis*, Trsp= Trogidae spp. y Otros= Suma de especies no mencionadas.

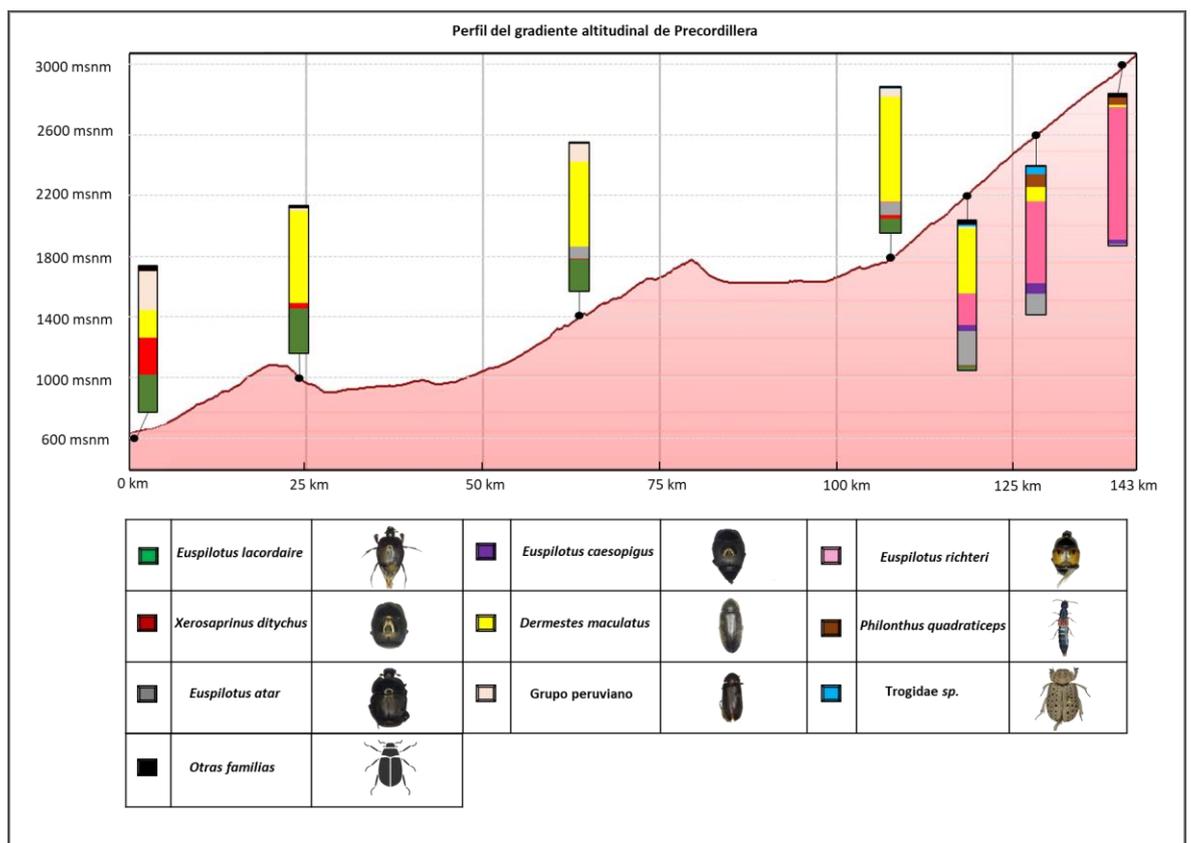
## Precordillera

Los coleópteros se agruparon en dos grupos debido a la similitud de especies que componen los ensambles en los diferentes pisos altitudinales (Fig. 16 y 17; Tabla 5, Fig. 7 y 9 del anexo). El primer agrupamiento comprende a los pisos de 600, 1000, 1400 y 1800 m s.n.m., los de menor altitud. En el piso de 600 m s.n.m. se observó menor similitud en cuanto a especies que lo compone con respecto a los otros (33%, 53% y 38%, respectivamente). Y los pisos de 1400 y 1800 m s.n.m. presentan la mayor cantidad de similitud en cuanto a la composición de especies (79 %). El segundo grupo corresponde a los pisos de mayor altitud entre los 2200-3000 m s.n.m., y presenta la mayor similitud entre los 2600 y 3000 m s.n.m. (59 %) y estos muestran poca similitud de especies con el ensamble de los 2200 m s.n.m. (40 % y 27 %, respectivamente).



**Fig. 16.** Determinación gráfica de diversidad beta por medio del índice de similitud de Bray-Curtis a dos vías: Dendograma de los agrupamientos de pisos altitudinales con agrupamientos de especies con abundancia y asociación similar por pisos altitudinales en Precordillera. A mayor grado de similitud (menor longitud de separación entre las ramas del clúster) menor cantidad de cambio y reemplazo de especies entre pisos altitudinales. Los cambios de coloración de los cuadrantes pertenecientes a los pisos altitudinales se deben a los valores de abundancia, desde 0 (color azul) hasta más de 1000 individuos (color rojo). Ver abreviaciones de las especies a en la Tabla 1

Las especies más abundantes fueron *D. maculatus* (1000 m s.n.m.), el Grupo peruano (Dermestidae), *X. diptychus* y *E. lacordairei* (600 m s.n.m.), que se encuentran asociadas por el elevado grado de similitud que comparten en cuanto a su distribución en pisos similares de menor altitud y con una abundancia relativamente proporcional entre las especies (Fig. 16 y 17). Las especies *C. maxillosus* (1800 m s.n.m.), *M. americanus* (1400 m s.n.m.), *N. rufipes* (1000 m s.n.m.) y *P. longicornis* (600 y 1400 m s.n.m.), también se encuentran asociadas a los pisos de altitudes intermedias-bajas, a excepción de *P. longicornis* que lo encontramos en un piso de menor altitud, pero su similitud baja por lo que son especies poco abundantes en mayor medida. Otros grupos, más abundantes que los dos últimos anteriores, asociados a altitudes altas encontramos a las especies *E. ater* (2600 m s.n.m.) y *E. richteri* (3000 m s.n.m.), con abundancias relativamente más proporcionales. Las especies *E. caesopygus* (2200 m s.n.m.), *P. quadraticeps* y Trogidae spp. (2600 m s.n.m.) están asociados a altitudes altas, con menor abundancia relativa al anterior grupo, pero entre estas especies sus abundancias son similares (Fig. 16 y 17).



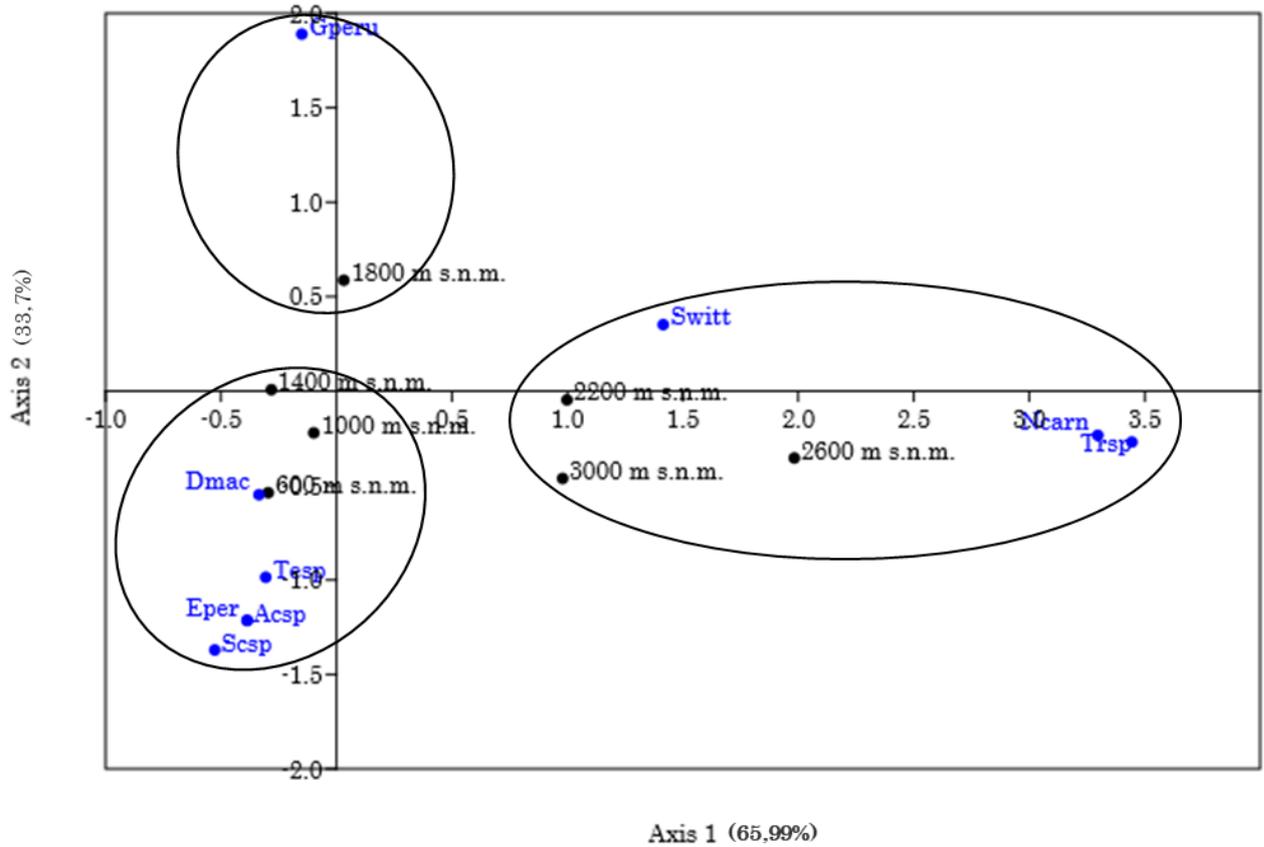
**Fig. 17:** Perfil de elevación del gradiente altitudinal de Precordillera denotando la abundancia proporcional de las diferentes especies para cada piso altitudinal. Las especies con mayor abundancia proporcional presentan colores diferentes por resaltar su dominancia y reemplazo entre los diferentes pisos, las de menor abundancia al no ser notorias en la gráfica presentan la misma coloración. Elac= *Euspilotus lacordairei*, Xdip= *Xerosaprinus diptychus*, Eater= *Euspilotus ater*, Eca= *Euspilotus caesopygus*, *Euspilotus richteri*,

Dmac= *Dermestes maculatus*, Gperu= Grupo peruvianus, Pquad= *Philonthus quadraticeps*, Trsp= Torgidae spp. y Otros= Suma de especies no mencionadas.

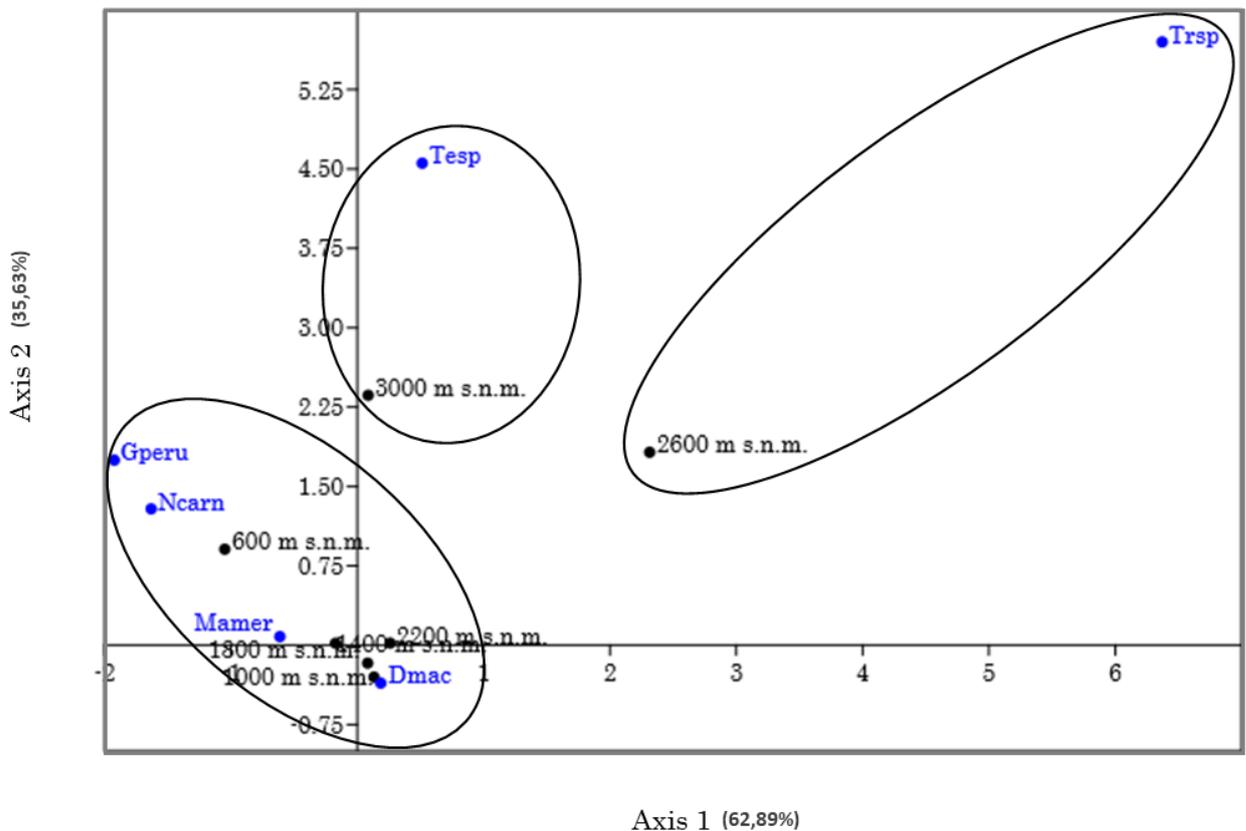
## Potenciales asociaciones entre pisos altitudinales y coleópteros cadavéricos necrófagos y necrófilos

### Necrófagos

En ambas transectas, *Dermestes maculatus* (Dmac) tuvo una fuerte asociación a los 600 m s.n.m. El Grupo peruviano (Gperu) en Pie de Palo se asoció con 1800 m s.n.m. y en Precordillera a los 1000 m s.n.m. (Fig. 18 y 19). *Nitidula carnaria* (Ncarn) se asoció a los 2600 m s.n.m. en Pie de Palo y en Precordillera (Fig. 18 y 19). *Necrobia rufipes* (Nrufi) se asoció a los 600 m s.n.m. en Pie de Palo y a los 1000 m s.n.m. en Precordillera. Los morfos de la Familia Trogidae fueron asociados en Pie de Palo y Precordillera a los 2600 m s.n.m. Tenebrionidae spp. se asociaron a los 600 m s.n.m. en Pie de Palo y a los 3000 m s.n.m. en Precordillera. Dentro de esta Familia se encuentran *Emmallodera perlifera* (Eper) y *Achanius* sp. (Acsp) y fueron asociados a los 600 m s.n.m. en Pie de Palo (Fig. 18 y 19); *Scotobius wittmeri* (Switt) se asoció a los 2200 m s.n.m. en Pie de Palo y estuvo ausente en Precodillera *Megelenophorus americanus* (Mamer) se asoció a los 1000 m s.n.m. en Precordillera (Fig. 19) y no fue registrada en Pie de Palo. En cuanto a *Canthon mutabilis* (Scarabaeidae sp.= Scsp) se registró únicamente en Pie de Palo a los 600 m s.n.m. (Fig. 18)



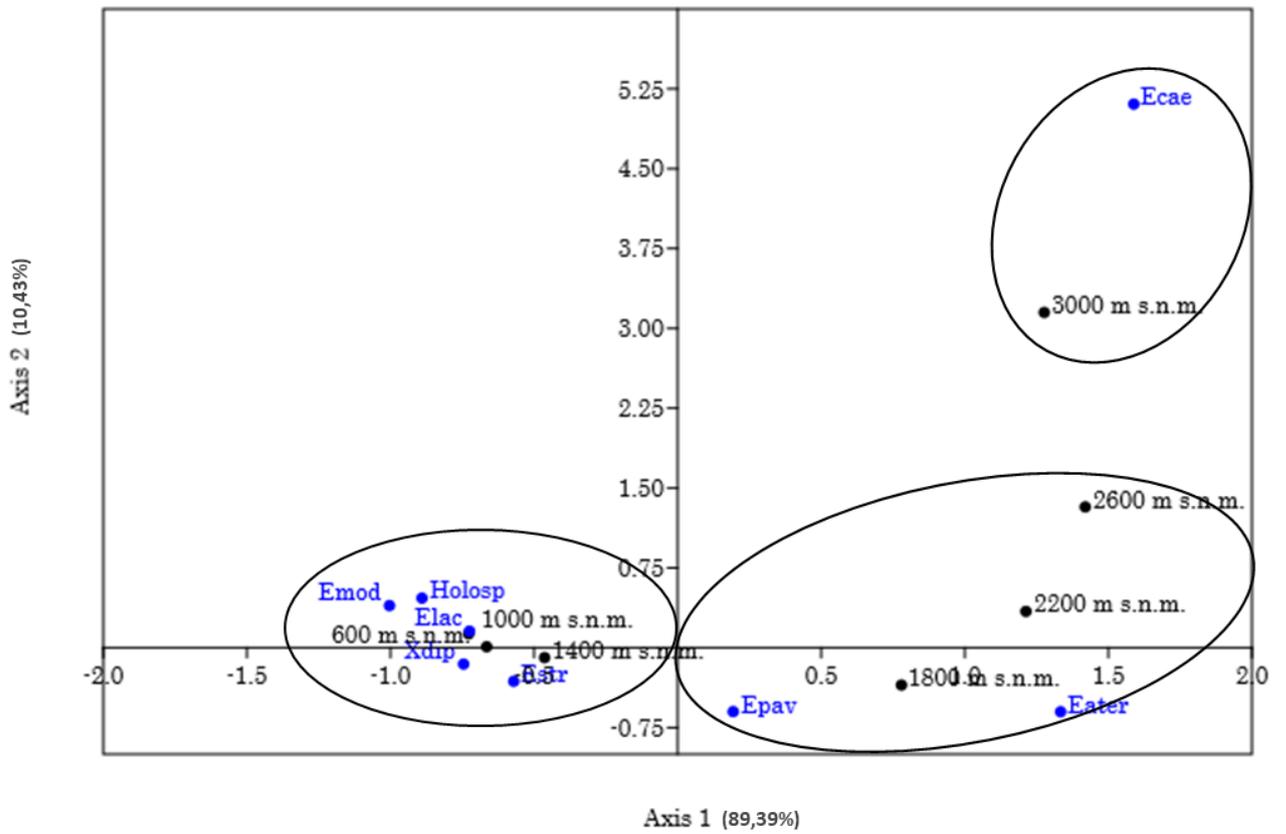
**Fig. 18.** Análisis de Correspondencia de los ensambles de necrófagos en Pie de Palo. Dmac= *Dermestes maculatus*, Gperu= Grupo peruano, Ncarn= *Nitidula carnaria*, Trsp= Trogidae spp., Eper= *Emmalodera perlifera*, Acsp= *Achanius* sp., Switt=*Scotobius wittmeri*, Tesp= Tenebrionidae spp., Scsp= *Canthon mutabilis*.



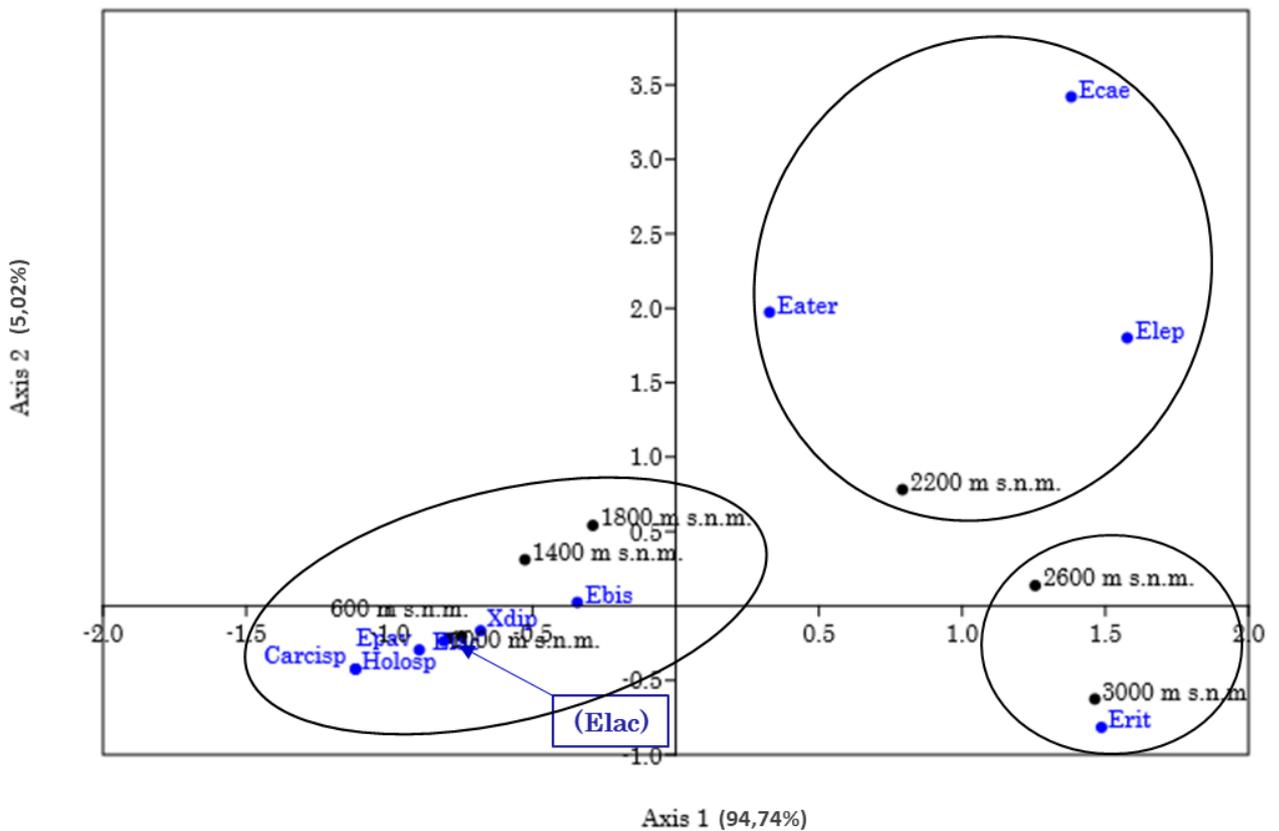
**Fig. 19.** Análisis de correspondencia de los ensambles de necrófagos en Precordillera. Dmac= *Dermestes maculatus*, Ncarn= *Nitidula carnaria*, Trsp= Trogidae spp., Tesp= Tenebrionidae spp., Gperu= Grupo peruano, Mamer= *Megelenophorus americanus*.

## Necrófilos

En Pie de Palo *E. lacordairei* (Elac), *E. modestus* (Emod), *X. diptychus* (Xdip), *Hololepta* sp. (Holosp) y *E. strobili* (Estr) fueron asociadas a baja altura entre los 600 y 1400 m s.n.m. (Fig. 20). *Euspilotus pavidus* (Epav) y *E. ater* (Eater) aparecen asociadas a los 1800 m s.n.m.; y *E. caesopygus* (Ecae) con los 3000 m s.n.m. (Fig. 20). En Precordillera, *E. lacordairei* (Elac), *E. pavidus* (Epav), *X. diptychus* (Xdip), *Carcinops* sp. (Carcisp) y *Hololepta* sp. (Holosp) se asociaron entre los 600 y 1000 m s.n.m. (Fig. 21). *E. bisignatus* (Ebis) se la registró asociada a los 1400 m s.n.m.. *E. ater* (Eater), *E. caesopygus* (Ecae) y *E. lepidus* (Elep) se asociaron a los 2200 m s.n.m., y *E. richteri* (Erit) asociada a los 3000 m s.n.m. (Fig. 21).

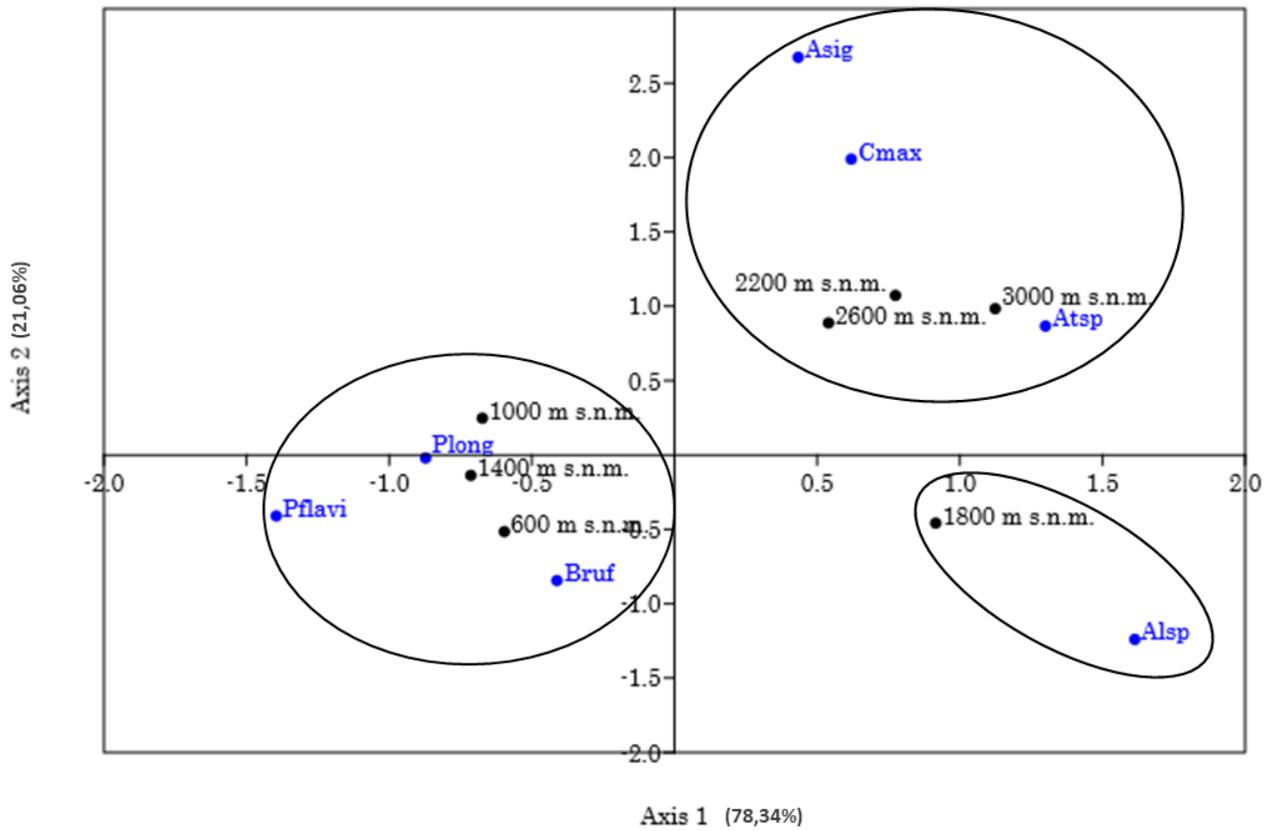


**Fig. 20.** Análisis de correspondencia de los ensamblajes de Histeridae en Pie de Palo. Elac= *E. lacordairei*, Eater= *E. ater*, Ecae= *E. caesopygus*, Emod= *E. modestus*, Epav= *E. pavidus*, Xdip= *X. diptychus*, Holosp= *Hololepta* sp., Estr= *E. strobili*.

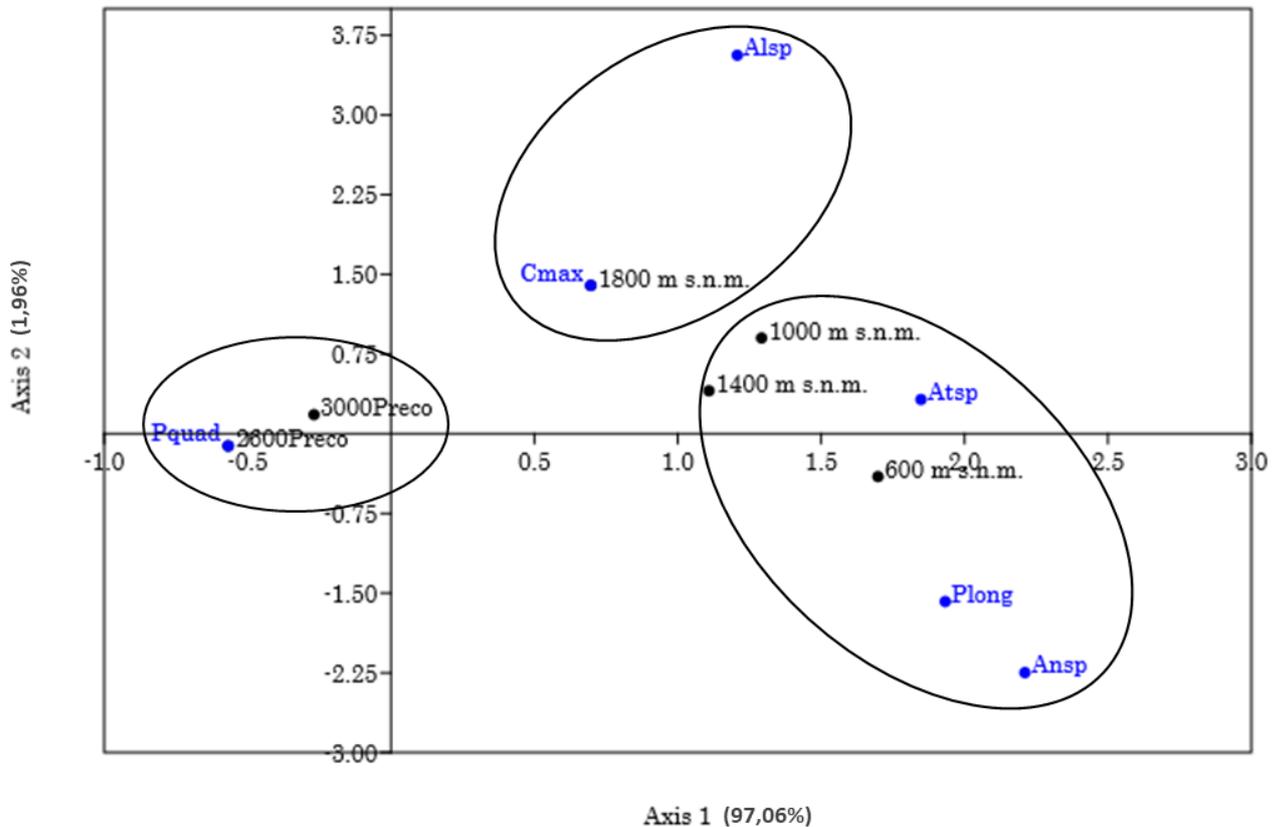


**Fig. 21.** Análisis de correspondencia de los ensambles de Histeridae en Precordillera. Elac= *E. lacordairei*, Eater= *E. ater*, Ecae= *E. caesopygus*, Carcisp= *Carcinops* sp., Epav= *E. pavidus*, Xdip= *X. diptychus*, Holosp= *Hololepta* sp., Erit= *E. richteri*, Elep= *E. lepidus*. Ebis= *E. bisignatus*.

En Pie de Palo, los staphilínidos *Belonuchus rufipennis* (Bruf), *Philonthus longicornis* (Plong) y *P. flavolimbatus* (Pflavi) fueron asociadas entre los 600 y 1400 m s.n.m.. *Aleochara* sp. (Alsp) se asoció a los 1800 m s.n.m.. *Creophilus maxillosus* (Cmax) y *Aleochara signaticollis* (Asig) y *Atheta* sp. fueron asociadas entre los 2200 y 3000 m s.n.m.. (Fig. 22). Para Precordillera, *P. longicornis* (Plong), *Anotylus* sp. y *Atheta* sp. (Atsp) se encontraron asociadas a los 600 m s.n.m.; además, esta última especie se la encontró asociada a las alturas de 1000 y 1400 m s.n.m.. *C. maxillosus* (Cmax) se encontró asociada a los 1800 m s.n.m., al igual que *Aleochara* sp. (Alsp). Por último, *P. quadraticeps* (Pquad) la encontramos asociada a las mayores alturas, 2600 y 3000 m s.n.m. (Fig. 23).



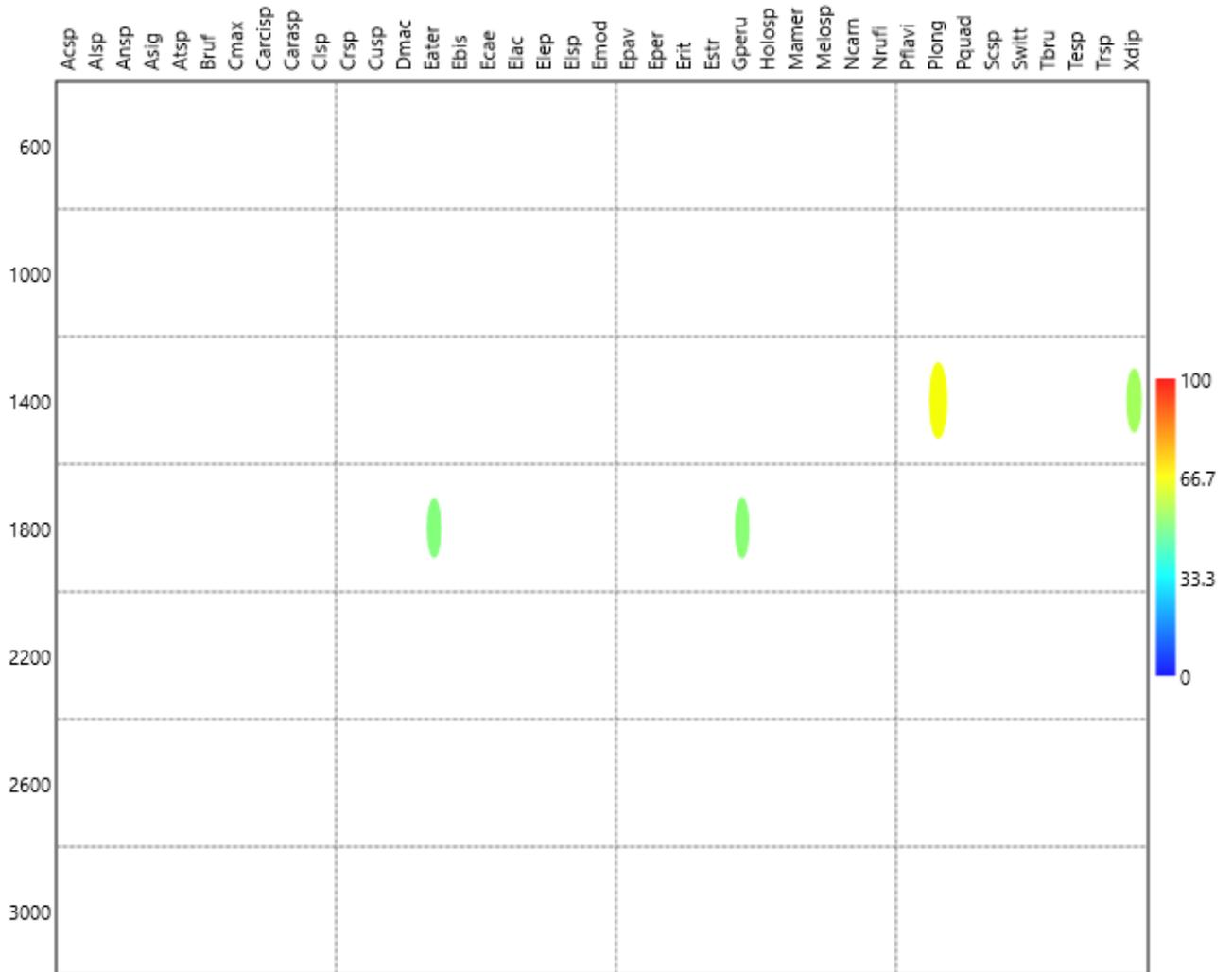
**Fig. 22.** Análisis de correspondencia de los ensambles de Staphylinidae en Pie de Palo. Bruf= *B. rufipennis*, Plong= *P. longicornis*, Pflavi= *P. flavolimbatus*, Cmax= *C. maxillosus*, Asig= *A. signaticollis*, Alsp= *Aleochara* sp. Atsp= *Atheta* sp.



**Fig. 23.** Análisis de correspondencia de los ensambles de Staphylinidae en Precordillera. Pquad= *P. quadraticeps*, Plong= *P. longicornis*, Cmax= *C. maxillosus*, Ansp= *Anotylus* sp., Atsp= *Atheta* sp., Alsp= *Aleochara* sp.

#### 8. 4. Especies indicadoras de pisos altitudinales con potencial forense

En Pie de Palo las especies indicadoras de potencial forense a los 1400 m s.n.m. fueron *P. longicornis* en color amarillo (60% como valor de IndVal;  $p=0,0273$ ) y *X. diptychus* en color verde (50%;  $p=0,0273$ ) (Fig. 24). A los 1800 m s.n.m., encontramos con potencial indicadora a *E. ater* y Derméstidos del Grupo peruviiano en color verde (50%;  $p=0,0273$ ) (Fig. 24). En Precordillera las especies de potencial forense a los 600 m s.n.m. fueron Derméstidos del Grupo peruviiano en color amarillo (60%;  $p=0,0273$ ) y *X. diptychus* en color verde (50%;  $p=0,0273$ ) (Fig. 25). Para los 2600 m s.n.m. *E. caesopygus* en color amarillo (60%;  $p=0,0273$ ) y a especies del género Trogidae en color verde (50%;  $p=0,0273$ ) (Fig. 25). Para el resto de los pisos altitudinales no se logró detectar especies indicadoras.



**Fig. 24.** Índice del valor indicador (IndVal) para Pie de Palo con nivel de significancia  $p < 0.005$  y con ajuste de Bonferroni. Se consideró como especies indicadoras aquellas cuyos resultados estuvieron entre el 50% (color verde) y 100% (color rojo). Las especies con porcentajes altos se consideran mejores indicadoras porque tienen mayores probabilidades de ser detectadas en un piso en particular (Mayor grado de especificidad y fidelidad por un piso), mientras que las especies raras tendrán porcentajes bajos (Menor grado de especificidad y fidelidad por un piso).



**Fig. 25.** Índice del valor indicador (IndVal) para Precordillera con nivel de significancia  $p < 0.005$  y con ajuste de Bonferroni. Se consideró como especies indicadoras aquellas cuyos resultados estuvieron entre el 50% (color verde) y 100% (color rojo). Las especies con porcentajes altos se consideran mejores indicadoras porque tienen mayores probabilidades de ser detectadas en un piso en particular (Mayor grado de especificidad y fidelidad por un piso), mientras que las especies raras tendrán porcentajes bajos (Menor grado de especificidad y fidelidad por un piso).

## 9. Discusión

Esta tesis representa el primer estudio de los patrones de distribución de coleópteros cadavéricos en dos gradientes altitudinales trazados en dirección a la Precordillera y otro en el elemento extra andino (perteneciente a las Sierras Pampeanas) Pie de Palo, en la provincia de San Juan y Argentina. Por consiguiente, este es el primer estudio en San Juan y el segundo en Argentina que enlista y explora el ensamble de coleópteros cadavéricos en un gradiente altitudinal en dos transectas naturales en el periodo estival, pero es el primero que lo efectúa en geoformas de génesis diferentes (Caminos, 1972, 1979; Ripoll & Carretero, 2019).

Los cambios en la altitud de ambas transectas podrían explicar una alta proporción de la variación en la abundancia relativa y la riqueza observada de especies, ya que en la transecta de Pie de Palo y Precordillera observamos una relación entre altitud y riqueza de especies, con mayor riqueza y abundancia en altitudes intermedias y bajas, coincidiendo con otros autores (Rahbek, 1995; Sanders *et al.*, 2003; Lee *et al.*, 2013; McCain & BracyKnight, 2013) (Fig. 5, 15 y 17). Resultados similares fueron reportados por Jofré (2018), para gradientes altitudinales en Precordillera y Cordillera en la provincia de Mendoza. Sin embargo, no se descarta que otras variables no analizadas, como la temperatura asociada a la altura o humedad, puedan ayudar a explicar mejor los valores de riqueza encontrados (Hodkinson, 2005). Estos patrones altitudinales de riqueza y abundancia de especies también ha sido documentado para pequeños mamíferos (Heaney, 2001; McCain, 2004), aves (Rahbek, 1995, 1997), plantas (Kessler, 2001) e insectos (Janzen, 1973, Janzen *et al.*, 1976; Holloway *et al.*, 1990; McCoy, 1990; Olson, 1994; Brehm *et al.*, 2003a), escarabajos peloteros (Scarabaeidae) (Jay-Robert *et al.*, 1997; Lobo & Halfpter, 2000) y coleópteros de importancia forense (Jofré, 2018), aunque estos patrones pueden no ser la regla (Brehm *et al.*, 2003b).

En este estudio se cita 14 familias y 39 especies con potencial importancia forense por primera vez para ambientes naturales de San Juan, que presentan una riqueza alta; la mayoría de sus especies presentaron baja abundancia, y dominancia específica alta en algunas especies (Tabla 1, Fig. 12, 13, 15 y 17). Además, se registraron especies únicas en cada transecta: Pie de Palo con 11 especies y Precordillera con 9 especies, y comparten 19 especies. Se cita por primera vez para San Juan la presencia de *Belonuchus rufipennis* (Staphylinidae) y *Canthon mutabilis* (Scarabaeidae) para la transecta de Pie de Palo (Tabla 1).

El ensamble de coleópteros cadavéricos en la transecta altitudinal de Pie de Palo muestra un potencial pico de diversidad que se ajusta más con una gráfica en forma de joroba (Rahbek, 1995; MacArthur, 1969; McCoy, 1990; Brown & Lomolino, 1998; Aubry *et al.*, 2005; Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010; Lee *et al.*, 2013; McCain & BracyKnight, 2013), asociado a los ecotonos entre las diferentes provincias fitogeográficas del Monte y Cardonal (Fig. 8, 12 y 15). En Precordillera se ajusta su potencial pico de diversidad a la regla general o patrón de Rapoport donde su pico de diversidad se encuentra en la zona de menor altitud (Monte) y decrece con el aumento de la misma (Rapoport, 1982; Stevens, 1992; Fleishman *et al.*, 1998; Sanders, 2002; McCain & BracyKnight, 2013) (Fig. 9, 13 y 17).

En Pie de Palo el cambio de composición delimita claramente tres grupos altitudinales principales: 600-1400 m s.n.m. (baja), 1800-2200 m s.n.m. (intermedia) y 2600-3000 m s.n.m. (alta), que son coincidentes con las provincias fitogeográficas del Monte, Cardonal y Puna, respectivamente, asociaciones vegetales similares planteo Cei (1980), en su nota preliminar (Fig. 14 y 15). Para Precordillera se diferenciaron los siguientes grupos altitudinales: 600-1800 m s.n.m (baja), 2200-2600 m s.n.m. (intermedia) y 3000 m s.n.m. (alta) asociados a las ecorregiones Monte, Monte de altura y Puna (Fig. 16 y 17). Resultados similares en cuanto a la división de tres ambientes fueron encontrados para la provincia de Mendoza por Jofré (2018), en la Reserva de Villavicencio las provincias fitogeográficas del Monte, Prepuneña y Puna esta similaridad puede deberse a que ambas transectas están en Precordillera.

Se identificaron 9 especies de interés forense para las transectas de Precordillera y Pie de Palo. Las especies que presentaron una distribución restringida o elevado grado de asociación a un determinado ambiente (conjunto de pisos) son los géneros y familias de necrófilos *Euspilotus*, *Xerosaprinus* (Histeridae) y *Philonthus* (Staphylinidae) y familias necrófagas *Scotobius* (Tenebrionidae), Grupo peruviano (Dermestidae) y Trogidae spp. (Fig. 18-25). Estas particularidades les confieren a estas especies un mayor potencial forense en el área de estudio.

Este trabajo ofrece información que resultará clave para futuras pericias forenses en el área de estudio o ambientes similares, pudiendo realizar inferencias entomológicas forenses concisas en aquellos casos en los que ocurran traslados de cuerpos entre diferentes pisos altitudinales y diferentes en gradientes. De tal forma, que el ofrecimiento de dicha información acompaña en el entendimiento del único trabajo efectuado hasta la fecha en ambientes naturales de San Juan, en relación a coleópteros de importancia forense asociados a los gradientes altitudinales y el segundo para Argentina (Jofré, 2018).

Además, promueve al despliegue de investigaciones futuras sobre historias y divergencias evolutivas en cuanto la distribución y abundancia de las especies de coleópteros cadavéricos que comprende dicho estudio.

### 9. 1. Análisis del ensamble de coleópteros de importancia forense

La abundancia relativa de las especies de los coleópteros cadavéricos cambia con la altura, pero no hay diferencias significativas entre transectas. Sin embargo, presentaron variaciones en los porcentajes en Pie de Palo 69% (11814 individuos distribuidos en 30 especies) mientras que en Precordillera 31% (5363 individuos distribuidos en 28 especies) (Tabla 2 del anexo). Así mismo, en función de la primera hipótesis, la composición de coleópteros de importancia forense si cambia en diferentes pisos altitudinales, posiblemente debido a la variación en las condiciones ambientales.

Esta diferencia puede estar relacionada con las alteraciones o modificaciones antrópicas de los ambientes, siendo Pie de Palo un ambiente posiblemente más conservado que el de Precordillera. En Pie de Palo, se observó la inexistencia de caminos asfaltados o de tierra adecuadamente mantenidos, lo que denota la posible menor concurrencia de personas (Cei, 1980; Obs. Pers.). Sin embargo en Precordillera, en las recomendaciones para la elaboración del Plan de Manejo de la Reserva Privada de Uso Múltiple “Don Carmelo” de Haene *et al.* (1994), remarcaron los problemas de conservación presentes en el área y en la periferia de la misma. Dando a conocer que la Sierra de la Invernada presenta una explotación persistente sobre la fauna silvestre y una falta de desarrollo rural basado en la conservación, debido al sobrepastoreo (Haene *et al.*, 1994). En la descripción de los posibles accesos a la reserva, Haene *et al.* (1994), comenta que se puede acceder desde la Ruta Provincial N° 400 a una huella que está en buen estado, pero remarca que es “bastante transitada”. Sin embargo, suponemos que la mayor presión (caza furtiva) sobre la fauna nativa, debido a la facilidad de acceso, sea la causa principal ya que los coleópteros cadavéricos precisan de recurso fauna para su subsistencia (Leclercq, 1976). Casos similares fueron observados en otros coleópteros para Amazonia oriental en Brasil, en donde Scheffler (2005) da a conocer que el cambio en la cubierta vegetal también provoca diferencias en la fauna de los mamíferos lo que, a su vez, afecta a la riqueza y abundancia de las poblaciones de escarabajos peloteros (Coleoptera: Scarabaeidae), por lo que precisan de los mismos, ya sea el excremento o el excremento del cadáver cuando queda expuesto (Smith, 1986; Scheffler, 2005).

Del total de Coleópteros cadavéricos colectados, en cuanto a su abundancia, Histeridae fue dominante seguida de Dermestidae (Tabla 3). Estos resultados son similares a los obtenidos por Zanetti *et al.* (2015 a, b), Armani *et al.* (2015) y Jofré (2018) en la provincia fitogeográfica Pampeana en Buenos Aires, en la provincia fitogeográfica de Monte en Chubut y provincia fitogeográfica de Monte, Prepuna, Puna y Altoandina en Mendoza, respectivamente, para la estación de primavera-verano, aunque difieren en la segunda familia registrada en segundo orden, para ellos fue Staphylinidae. En nuestro estudio Staphylinidae se registró en el tercer orden de mayor proporción (Tabla 3). Consecuentemente, Histeridae y Staphylinidae son familias que se registran en la mayoría de los estudios como los necrófilos dominantes de la fauna cadavérica. Así mismo, en los resultados obtenidos por Prado *et al.* (2013) en un trabajo de sucesión para Lisboa en Portugal registraron a las mismas familias como los necrófilos dominantes, pero en un ambiente urbano con clima mediterráneo en diferentes estaciones del año. Por consiguiente, Santos *et al.*, (2014) en el norte de Brasil y Özdemir & Sert (2009) en Ankara, Turquía obtuvieron resultados similares con Staphylinidae, pero como la familia dominante, seguida de Histeridae. Las diferencias con los anteriores autores pueden deberse a que las localidades utilizadas por los mismos poseen precipitaciones mayores que el área de estudio de esta investigación, lo que beneficiaría a la familia Staphylinidae en esos casos. Estas diferencias podrían estar dadas a las características climáticas de déficit hídrico que presenta la provincia de San Juan.

La notoria diferencia en cuanto a la abundancia de la familia Histeridae con respecto a las otras familias podría deberse a la gran cantidad de larvas de Diptera que se registraron en las trampas (Tabla 3 y Fig. 4). Observaciones similares se registraron durante el estudio de Prado *et al.* (2013), donde recolectaron abundantes ejemplares de histéridos de diferentes especies, asociados a la gran cantidad de recurso trófico disponible (tanto larvas como adultos de diferentes especies de Diptera). Esto se debe a que tanto las larvas como los adultos de los histéridos son depredadores voraces en los cadáveres durante todo el proceso de descomposición, alimentándose de los estados inmaduros de los dípteros (Nuorteva, 1970). Además, esta familia presenta gran adaptabilidad frente a las condiciones extremas de estrés hídrico y a los amplios rangos de temperatura (Caneparo *et al.*, 2017; Acorn *et al.*, 2020), como las que presenta la provincia de San Juan.

La familia Histeridae, Staphylinidae (necrófilos) y Tenebrionidae (necrófago) representaron casi el 67% de la riqueza específica total registrada durante este estudio, así mismo constituyeron casi el 70 % de la abundancia total (Tabla 3; Fig. 1 del anexo).

Resultados relativamente similares se obtuvieron en Jofré (2018), del total (30235) ejemplares colectados para tres gradientes altitudinales, 22051 (73%) pertenecen a la familia Histeridae, 6840 (23%) a la familia Staphylinidae y los 1344 restantes (4%) quedaron distribuidos en el resto de las familias. En términos de riqueza el número de especies necrófagas y necrófilas fue diferente, 12 para la primera y 22 para la segunda, pero la abundancia del primer grupo fue baja (Tabla 1 y 3; Fig. 1 del anexo). Sin embargo, del total de coleópteros colectados, en primer orden proporcional encontramos a la familia Histeridae (60%), en segundo orden proporcional (35%) a la familia Dermestidae y ordenes siguientes restantes a las otras familias (4%), repartida en Staphylinidae (necrófilos) y familias necrófagas (Tabla 3). Análogamente, en un trabajo efectuado en India por Singh & Bala (2019), se obtuvieron resultados de abundancias aproximadamente similares en cuanto a Histeridae y Staphylinidae, ubicándolos en primer (40%) y tercer orden (16%). Sin embargo, en segundo orden registraron a Silphidae (33%), y contrariamente a esto, en nuestro estudio registramos en segundo orden a Dermestidae. En el trabajo de Zanetti *et al.* (2015 b), se mencionó que en la estación de primavera son más abundantes los coleópteros necrófilos, estas afiliaciones del grupo hacia las características climáticas del periodo estival podría explicar la dominancia de este gremio en este estudio, realizado durante los meses de verano. Además, en base a la elevada abundancia registrada de histéridos en el período de actividad de 30 días de nuestras trampas, podemos decir, que concuerda con los estudios de sucesión que registran a los coleópteros necrófilos en los últimos estadios (como se suele hallar en un cuerpo), así mismo, son un gremio que utilizan el recurso trófico más tiempo que los necrófagos y adicionalmente presentan distribuciones más limitadas (Cruise *et al.*, 2018), esto aportaría mayor información en pericias entomológicas forenses en largos periodos de tiempo. En el trabajo de Jofré (2018), obtuvieron resultados similares con la diferencia que ellos muestrearon en las estaciones de primavera-verano.

La baja abundancia de necrófagos puede estar influenciada por considerar sólo el orden Coleoptera en este trabajo; esperando encontrar más especies necrófagas del orden Diptera, aunque no se hizo énfasis en este estudio, las trampas cebadas contenían un gran número de ejemplares pertenecientes a este orden. No se descarta que el alto número de especies raras y oportunistas (en su mayoría necrófagas) pueda estar asociado al lento proceso de descomposición del cebo dentro de la trampa y por el simple hecho de atracción hacia el efecto enjambre (LEK) desencadenado por la disponibilidad del recurso (cebo) (Shelly & Whittier, 1997; Sobral *et al.*, 2017). Se deberá realizar nuevas investigaciones

para comparar si el tiempo de descomposición del cebo influye significativamente en las abundancias de necrófagos y necrófilos.

## 9. 2. Comparación entre los pisos altitudinales

Una cuestión fundamental de la ecología se refiere a la abundancia y distribución de las especies. En particular, ha habido un interés considerable en la distribución de la abundancia entre especies dentro de los ensambles locales (Whittaker, 1965). Una observación común es que en un lugar determinado algunas especies serán muy abundantes, mientras que muchas especies tendrán poblaciones de tamaño pequeño a moderado, de tal forma que los ensambles naturales son mezclas de especies que tienen un éxito desigual (Whittaker 1965; Magurran, 1988).

Para interpretar la comparación de los diferentes ensambles correspondientes a los diferentes pisos de cada transecta, identificamos los potenciales picos de diversidad en nuestro trabajo. Basándonos principalmente en las curvas de rango de abundancia o diagrama de Whittaker (1965) (Fig. 12 y 13). El cual nos pudo mostrar las abundancias relativas de las especies (componente de la biodiversidad) de Pie de Palo y Precordillera (Whittaker, 1965; Magurran, 1988; Feinsinger, 2004; Moreno, 2001). También pudimos visualizar la riqueza y la uniformidad de las especies para cada piso altitudinal de cada transecta, así también como las especies dominantes, intermedias y raras pertenecientes a las mismas. No discutiremos en esta sección los índices clásicos obtenidos para dominancia, equidad y diversidad, ya que las curvas de rango de abundancia nos mostraron que superan las deficiencias de los mismos ya que no pueden mostrar el papel relativo que desempeñaron las diferentes variables en su cálculo (Magurran, 1988; Feisinger, 2004). Por consiguiente, en función de la segunda hipótesis, la riqueza y abundancia de coleópteros cadavéricos si varían en diferentes altitudes, debido a las diferentes restricciones que posiblemente imponen las condiciones ambientales a lo largo de los gradientes.

Así mismo, con respecto a los potenciales picos de diversidad obtenidos para ambas transectas podemos decir que se ajustan a los patrones generales de distribución de Rapoport y de dominio medio o en forma de joroba (Sanders *et al.*, 2003; Aubry *et al.*, 2005; Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010; Lee *et al.*, 2013; McCain & BracyKnight, 2013), pero con diferencias para cada transecta (Fig. 12 y 13). La transecta del gradiente altitudinal de Precordillera, denota el patrón de la regla altitudinal de Rapoport, ya que la mayor diversidad potencial se ha registrado a altitudes más bajas, lo que corresponde a ambiente

de Monte en este estudio (Stevens, 1992; McCain & BracyKnight, 2013) (Fig. 13). Sin embargo, a medida que ascendemos en el gradiente altitudinal va ir disminuyendo debido a las restricciones climáticas que se van acentuando (Stevens, 1992; McCain & BracyKnight, 2013), lo que corresponde a ambiente de Puna en este estudio. Sin embargo, con respecto a este patrón notamos una leve diferencia en la transecta de Precordillera, a diferencia de lo que registran los estudios anteriores (Rapoport, 1982; Stevens, 1992; Fleishman *et al.*, 1998; Sanders, 2002; McCain & BracyKnight, 2013), en altitudes altas encontramos otros potenciales picos de diversidad cercanos en valor máximo, pero en el piso de menor altitud (600 m s.n.m.) se encuentra el mayor valor. Por las observaciones efectuadas en campo y las características de los pisos de mayor altitud ubicados en Precordillera, pertenecientes a las provincias fitogeográficas del Monte de altura y Puna. Pensamos que dicha característica de más de un pico potencial de diversidad registrado en la transecta de este estudio se debe al posible grado de conservación del piso de mayor altitud. Por esto mismo, los pisos de altitud intermedia presenten, quizás, un elevado grado de antropización y baja conservación, por lo que están repercutiendo en la baja diversidad potencial registrada en los mismos, teniendo en cuenta la influencia de la abundancia de la especie dominante (*D. maculatus*) en estos pisos, especie sintrópica cosmopolita (Fig. 13).

En cambio, en la transecta de Pie de Palo notamos que el patrón que se ajusta a los valores obtenidos de dominio medio o en forma de joroba, donde los picos de diversidad se registran en altitudes intermedias (Fig. 12). Este patrón es como el que se encontró con anterioridad en la mayoría de los estudios efectuados para varios taxones (Rahbek, 1995; MacArthur 1969; McCoy 1990; Brown & Lomolino 1998; Aubry *et al.*, 2005; Muñoz & Amarillo-Suárez, 2010; Lee *et al.*, 2013; McCain & BracyKnight, 2013). También en dicha transecta, la diferencia entre las tres ecorregiones se mantiene, pero presenta un cambio gradual de los mismos en ciertos pisos altitudinales (1400-1800 m s.n.m. y 2600-3000 m s.n.m.) (Cei, 1980, Obs. Pers.). Posiblemente por esto último, entre el Monte y el Cardonal (entre los 1400 y 1800 m s.n.m.) registramos el potencial pico de diversidad para esta transecta (Fig. 12). En esta zona, además de intercalarse y mezclarse los parches de las comunidades vegetales de las diferentes provincias fitogeográficas, confluyen y vierten sus aguas en mayor medida las vertientes y ríos temporales que provienen de las zonas de mayor altitud debido a las características geomorfológicas de Pie de Palo (Cei, 1980; Grígolo *et al.*, 2024). Por eso mismo, debido a nuestras observaciones en campo y los resultados obtenidos en este estudio, pensamos que el potencial pico de diversidad registrado en dicha zona este sustentado por la posible confluencia de mejores condiciones

ambientales y mayor heterogeneidad de la cobertura del suelo, en donde los coleópteros necrófagos y necrófilos se ven en mayor medida beneficiados (Leclercq, 1976; Cei, 1980; Anderson *et al.*, 2001; Lomolino, 2001; Aubry *et al.*, 2005).

Entre los mecanismos propuestos para explicar el patrón de Rapoport y el patrón en forma de joroba o de dominio medio de riqueza y diversidad de especies (Stevens, 1992; Rahbek 1995; Colwell & Lees, 2000; Zapata *et al.*, 2003; Sanders *et al.*, 2003; McCain & Bracy Knight, 2013; Lee *et al.*, 2013) podemos mencionar el contacto y mezcla de coleópteros con diferentes tolerancias climáticas, y probablemente diferentes linajes e historia, de las tierras bajas del Monte (600-1400 m s.n.m.) con las de mayor altura del Cardonal-Puna (1800-3000 m s.n.m.) (Fuentes & Jaksic, 1979; Zúñiga Reinoso, 2016) (Fig. 12). Por lo que posiblemente, sean los principales factores responsables del aumento observado de diversidad en altitudes intermedias en la transecta de Pie de Palo; y hacia el de menor altura (600 m s.n.m.) para Precordillera, siguiendo el patrón de la regla de Rapoport (Stevens, 1992; McCain & Bracy Knight, 2013) (Fig. 8, 9, 12 y 13). Por lo tanto, sugerimos que el aumento en la diversidad potencial de especies detectado en altitudes intermedias para Pie de Palo y bajas para Precordillera, además de las diferencias de composición a lo largo de estos gradientes de montaña, son el resultado del encuentro de conjuntos de escarabajos de importancia forense caracterizados por diferentes adaptaciones ambientales y, probablemente, diferentes orígenes. Los hábitats de alta montaña a menudo mantienen sus propias faunas características, especialmente fragmentadas como resultado de especies que se aislaron en las montañas después de las glaciaciones del Pleistoceno (Fuentes & Jaksic, 1979; MacVean & Schuster, 1981; Knowles, 2000; Zúñiga Reinoso, 2016) (Fig. 1). La composición de especies de la fauna de escarabajos pasálidos de gran altitud de América Central, por ejemplo, es similar en diferentes cimas de montañas aisladas, lo que sugiere que las montañas actúan como refugios post glaciales separados o incluso interglaciares (MacVean & Schuster, 1981). Así mismo en su trabajo Zúñiga-Reinoso, (2016), expone que la diversificación del género *Callyntra* (Coleoptera: Tenebrionidae) comienza en el Pleistoceno asociado principalmente al modelo de especiación de montaña-islas durante los periodos interglaciares. El modelo expuesto predice que la diferenciación entre las diferentes especies de *Callyntra* ocurriría durante los periodos interglaciares, debido a una contracción de los rangos de distribución altitudinal y, por lo tanto, la desunión de los valles que separan las cumbres de las montañas (Zúñiga-Reinoso, 2016). Posiblemente las diferentes morfos de Tenebrionidae encontrados en los pisos de mayor altitud en Pie de Palo y Precordillera hayan estado

sujetos bajo presiones ambientales cambiantes similares durante el Pleistoceno, lo que puede haber conllevado a diferentes grados de adaptabilidad y especiación (Fig. 2 y 3).

### 9. 3. Asociación de especies de coleópteros de importancia forense por pisos altitudinales

En función de la tercera hipótesis, los coleópteros cadavéricos si presentaron diferentes asociaciones entre los distintos gradientes y pisos altitudinales, posiblemente debido a que las condiciones ambientales no son las mismas a lo largo del mismo. A continuación, se presentará la asociación de las diferentes especies tratadas, haciendo hincapié en la valoración y características de las mismas.

La familia Histeridae son muy comunes en el excremento y carroña, de igual forma se los puede encontrar en hongos y material vegetal en descomposición (Byrd & Castner, 2001). En cadáveres se alimentan de larvas, pupas y huevos de dípteros, por lo que son insectos de hábitos necrófilos generalistas tanto en estadio larval como adulto (Arnett, 1968; Nuorteva, 1970; Payne & King, 1970; Byrd & Castner, 2001). También, algunas especies se utilizan como controladores biológicos (Bornemissza, 1968; Geden & Axtell, 1988).

La mayoría de las especies de histéridos prefieren hábitats secos y también se registró que viven en distintos lugares como zonas arenosas (Kovarik & Caterino, 2001) (Fig. 2 y 3). Las transectas de Pie de Palo y Precordillera presentaron características de hábitats que concuerdan con sus preferencias, de tal forma que Histeridae es uno de los grupos más abundantes y diversos a nivel taxonómico, siendo dominantes los géneros sudamericanos *Euspilotus* y *Xerosaprinus* (Tabla 1). Estos datos coinciden con otros estudios realizados en el país (Aballay *et al.*, 2008; Zanetti *et al.*, 2015 b) donde Histeridae fue la familia de coleópteros más representativa, con *Euspilotus* como género dominante coincidiendo con los resultados de este trabajo (Fig. 15 y 17).

De los resultados obtenidos de los dendrogramas, histogramas y de los análisis de correspondencia, reconocemos la familia presenta amplia distribución a lo largo de todo el muestreo identificando varias especies con preferencias por diferentes pisos altitudinales y fue una de las más representativas en este grupo trófico, con varias especies del género *Euspilotus* (Fig. 14, 15, 16, 17, 20 y 21; Fig. 6, 7, 8, y 9 del anexo). Resultados similares fueron obtenidos por Jofré (2018) en la provincia de Mendoza. *E. lacordaire* y *X. diptychus* asociadas a baja altitud (600-1400 m s.n.m.), *E. ater* se encuentra asociada a alturas intermedias-altas (1800-2200 m s.n.m.); *E. caesopygus* y *E. richteri* en altitudes más

elevadas (2600 y 3000 m s.n.m.). Estas especies se encuentran entre las que presentan mayor importancia forense para el área de estudio de esta tesina, como indicadoras de diferentes alturas mostrando una elevada dominancia en ciertos pisos y en diferentes transectas.

En Pie de Palo la especie dominante fue *E. lacordairei*, entre los 600 y 1000 m s.n.m. en alturas bajas, aunque se encuentre hasta el piso de 3000 m s.n.m., su dominancia va disminuyendo con la altura; ocurriendo lo contrario con *X. diptychus* el cual aumenta desde los 600 m s.n.m., hasta ser dominante en 1400 m s.n.m. y decrece en su último piso de ocurrencia (1800 m s.n.m.) (Fig. 14, 15 y 20; Fig. 6 y 8 del anexo). Este patrón se invierte en Precordillera para las mismas alturas. Sin embargo, ambas especies se registraron para las dos transectas con un elevado grado de asociación por los pisos de 600-1400 m s.n.m. (Fig. 16, 17 y 21; Fig. 7 y 9 del anexo). Estos patrones pueden estar relacionados por competencia entre ambas especies o con otras en la provincia fitogeográfica del Monte para las transectas en estudio (Dekeirsschieter *et al.*, 2011).

Es de destacar el registro atípico de *E. lacordairei* de tamaño pequeño a los 3000 m s.n.m. en Pie de Palo siendo posible que se trate de otra especie, futuros estudios taxonómicos serán necesarios para respaldar estos registros. Los *E. lacordairei* poco abundantes (3 ejemplares) y de tamaño reducido, podrían deberse a la menor disponibilidad de recursos y a las características de las condiciones ambientales a los 3000 m s.n.m. En el trabajo de Hodkinson (2005), hace noción de que el tamaño corporal medio de una especie de insecto puede cambiar a lo largo de un gradiente altitudinal (o latitudinal). Esto surge debido a las diferencias en cuanto a la variación en las tasas de crecimiento y desarrollo a diferentes temperaturas, y esto tiene importantes implicaciones para el éxito reproductivo general (Hodkinson, 2005). Otros autores explican que el problema yace en que algunas especies muestran un tamaño creciente a medida que aumenta la altitud, mientras que otras muestran la tendencia inversa (Hawkins & De Vries, 1996; Chown & Klok, 2003; Hodkinson, 2005). En los trabajos de Atkinson (1994) y Smith *et al.* (2000), sobre varios grupos de insectos y coleópteros de la familia Silphidae, sugieren que los aumentos de tamaño se explican generalmente por una relación negativa entre la temperatura de desarrollo y el tamaño entre los animales ectotérmicos en un entorno sin recursos limitados. Pero según Janzen *et al.* (1976), hay una disminución general en el tamaño medio de las especies individuales dentro de los ensambles de insectos a medida que aumenta la elevación, por lo que podría haber menor disponibilidad de recursos y rangos de distribución más restringidos. A esto le podemos sumar el

reemplazo de especies presente en el ensamble del piso superior de 3000 m s.n.m. con los ensambles de los pisos inferiores (600-1000 m s.n.m.) donde *E. lacordairei* es considerada especie dominante en Pie de Palo (Fig. 12, 14 y 15; Fig. 6 y 8 del anexo).

Siguiendo la transecta de Pie de Palo, encontramos desde los 1800 hasta los 2600 m s.n.m. asociada a *E. ater*, la cual consideramos como especie dominante en alturas intermedias-altas, correspondiendo a la provincia fitogeográfica del Cardonal; denotando un notorio reemplazo en cuanto a dominancia sobre *E. lacordairei* (Fig. 12, 14, 15 y 20; Fig. 6 y 8 del anexo). Por último, *E. caesopygus* es la especie dominante en alturas altas (3000 m s.n.m.) que es la provincia fitogeográfica de Puna; aunque empieza registrarse en Pie de Palo desde los 1800 m s.n.m. (Fig. 12, 14, 15 y 20; Fig. 6 y 8 del anexo). Esto puede estar relacionado a la abrupta morfología de tan aislada sierra pampeana, enteramente rodeada por ecosistemas desérticos o semidesérticos, lo cual ha contribuido y contribuye en gran magnitud, a las condiciones actuales de casi total clausura de la localizada fauna de sus altas cumbres lo cual posiblemente se denota como un posible efecto isla (Cei, 1980) (Fig. 1 y 2). Sin embargo, nuestros hallazgos difieren de los resultados de Jofré (2018) para Mendoza, que encontraron especies de *Euspilotus connectens*, *Euspilotus zonalis* y *E. caesopygus* a 3000 m s.n.m. para cordillera (ecorregión alto andina), *E. richteri* y *Euspilotus lepidus* en Precordillera (Puna) y *E. caesopygus* en 2200 (Prepuna) en la Reserva de Villavicencio. Demostrando que estas especies con el mismo rol trófico se registran a la misma altitud y ambiente (Puna) pero en formaciones montañosas diferentes (Precordillera, Cordillera, Sierras Pampeanas Pie de Palo).

En Precordillera *E. lacordairei* demuestra una estrecha asociación con alturas bajas que corresponden a ambiente de Monte. En los 2200 m s.n.m. se encontró asociada las especies *E. caesopygus* (Fig. 13, 16, 17 y 21; Fig. 7 y 9 del anexo). Desde los 2200 hasta los 2600 m s.n.m. encontramos a *E. ater* dominante en alturas intermedias-altas, asociada a una provincia fitogeográfica de Monte alto con elementos de Puna. A los 3000 m s.n.m. *E. richteri* es la especie dominante en alturas altas, asociada al ambiente de Puna, *Euspilotus richteri* solo fue registrada en Precordillera (Fig. 13, 16, 17 y 21; Fig. 7 y 9 del anexo). Resultados similares fueron encontrados en Jofré (2018) para precordillera de Villavicencio, estas coincidencias pueden estar relacionadas porque ambos transectos están situados en Precordillera, aunque estén separados por más de 170 km. Resaltando lo anteriormente expresado podrían ser las diferentes formaciones montañosas, los ambientes y/o provincias fitogeográficas los que imponen fuertes restricciones sobre estas especies por lo que limitan o amplían sus distribuciones.

Continuando con las otras especies registradas de histéridos para ambas transectas, encontramos a los 1000 m s.n.m. asociada a la especie *Hololepta* sp. en la provincia fitogeográfica del Monte (Tabla 1, Fig. 14, 16, 20 y 21). *Euspilotus modestus* y *E. strobili* fueron registrados únicamente en Pie de Palo entre 600-1400 m s.n.m. con moderado grado de asociación en la provincia fitogeográfica del Monte (Tabla 1, Fig. 14 y 20). *Euspilotus bisignatus* (1800 m s.n.m.), *E. lepidus* (2600 y 3000 m s.n.m.) y *Carcinops* sp. (1000 m s.n.m.) fueron registradas únicamente para Precordillera (Tabla 1, Fig. 16 y 21). La especie *E. pavidus* presentó asociación a los 600-1000 m s.n.m. en Pie de Palo y 1000-1400 m s.n.m. en Precordillera que corresponden a la provincia fitogeográfica del Monte para ambas transectas (Tabla 1, Fig. 14, 16, 20 y 21).

En este estudio la familia Staphylinidae tienen hábitos necrófilos, se alimentan de otros insectos presentes en el cadáver, en estadio larval y adulto siendo depredadores generalistas o especialistas (Smith, 1986; Ashe, 1987; Forsyth & Alcock, 1990; Frank *et al.*, 1992; Frank & Thomas, 1999; Byrd & Castner, 2010). La acción depredadora de estos insectos sobre larvas de Diptera que viven en la carroña les ha dado un rol en entomología forense y a estudios de descomposición cadavérica realizados en Argentina (Castillo-Miralbés, 2001; Wolff *et al.*, 2001; Centeno *et al.*, 2002; Mavárez-Cardozo *et al.*, 2005; Battán Horenstein *et al.*, 2005, 2011; Aballay *et al.*, 2008, 2012; Barros de Souza *et al.*, 2008; Zanetti *et al.*, 2015 a). En nuestro estudio la presencia de estos escarabajos puede haber sido condicionada por la presencia de dípteros que oviponen en el cebo de las trampas con el posterior desarrollo de las mismas.

En este estudio encontramos especies de staphylinidos exclusivas de los ambientes, asociadas a diferentes alturas; y de amplia y de restringida distribución en nuestro estudio. Sin embargo, son reconocidos por presentar una amplia distribución en diversos hábitats, se encuentran principalmente en ambientes muy húmedos, donde hay material vegetal en descomposición, carroña y excremento, algas y compost (Forsyth & Alcock, 1990; Frank, 1991; Frank & Thomas, 1999; Newton *et al.*, 2001; Chani Posse & Thayer, 2008). No obstante, como las características de las transectas de este estudio no concuerdan con las preferencias de hábitats denotadas en la mayoría de los estudios (Forsyth & Alcock, 1990; Frank, 1991; Frank & Thomas, 1999; Chani Posse & Thayer, 2008; Battán Horenstein *et al.*, 2005, 2011; Zanetti *et al.*, 2015 a, b; Jofré, 2018), por estos motivos posiblemente Staphylinidae no fue la familia más abundante y diversa (Tabla 3).

La especie *Belonuchus rufipennis* fue registrada para Argentina en ambiente húmedo de la provincia de Tucumán (Aballay *et al.*, 2014), esto no es coincidente con las

características ambientales de este estudio donde fue colectada entre 600-1800 m s.n.m., pero tuvo mayor relevancia en los 1400 m s.n.m. en Pie de Palo, siendo un registro nuevo para ambiente árido de San Juan (Fig. 14, 15 y 22; Fig. 6 y 8 del anexo). Además, fue exclusiva de Pie de Palo al igual que *Philonthus flavolimbatus*, el cual se asoció también a los 1400 m s.n.m. en la provincia fitogeográfica del Monte. *Philonthus longicornis* fue asociada a los 1000 y 1400 m s.n.m (Tabla 1, Fig. 12, 14 y 22).

El género *Aleochara* se ha reportado como importante para la determinación de PMI (*Post Mortem Interval*, por sus siglas en inglés) por algunos autores (Mise *et al.*, 2007; Lin & Shiao, 2013). En nuestro estudio encontramos *Aleochara signaticollis* asociada a los 2200 m s.n.m. Jofré (2018) encontró a este género como dominante en cordillera entre los 2600 y 3000 m s.n.m., lo que determina su valor como indicador forense a estas alturas.

El género *Atheta* sp. en el presente trabajo se registró en Pie de Palo a los 3000 m s.n.m. (Fig. 14, 15 y 22). pero estos resultados difieren de Jofré (2018) que registraron a especies del género *Aleochara* sp. asociadas a 3000 m s.n.m. para Cordillera de Manzano Histórico de Mendoza. Posiblemente estas especies de Staphylinidae, *Atheta* sp. en Pie de Palo y *Aleochara* sp. en Manzano Histórico, cumplan el mismo rol trófico de especies necrófilas de altura en ambiente de Puna, pero de diferente formación geológica (Sierras Pampeanas y Cordillera).

*Creophilus maxillosus* presentó mayor asociación a los 2200 m s.n.m. para Pie de Palo, correspondiente a la provincia fitogeográfica del Cardonal (Fig. 14 y 22). Además, es considerada una especie de distribución cosmopolita y exótica que preda larvas de dípteros, ampliamente citada en la bibliografía de Argentina (Aballay *et al.*, 2008, 2012; Battán Horenstein *et al.*, 2005, 2011; Zanetti *et al.*, 2015 a, b) en este estudio es la primera vez que se asocia a una altura determinada.

En Precordillera, los Staphylinidae los encontramos distribuidos en los pisos de menor altitud, (600 m s.n.m.) a *P. longicornis*, *Anotylus* sp., *Atheta* sp., y a los 1800 m s.n.m. con mayor asociación fueron *Aleochara* sp. y *C. maxillosus* en la provincia fitogeográfica de Monte de altura. En Precordillera se registró de forma exclusiva a *Philonthus quadraticeps* a los 2600 m s.n.m., en la provincia fitogeográfica de Puna (Fig. 16 y 23).

Los Dermestidae, larvas y adultos, se alimentan de materiales de origen animal como huesos, piel, plumas, pelo y lana (Arnett *et al.*, 1980; Smith, 1989; Arnaldos *et al.*, 2006; Díaz *et al.*, 2008; Battán Horenstein & Linhares, 2011). Generalmente son pequeños

y de distribución cosmopolita (Byrd & Castner, 2001), pueden hallarse sobre cadáveres secos de animales (Díaz *et al.*, 2008) y han sido reconocidas como componentes importantes de la fauna cadavérica, siendo de interés en la estimación del PMI (Catts & Goff, 1992; Anderson & VanLaerhoven, 1996; Tantawi *et al.*, 1996; Oliva, 1997). En la Precordillera *Dermestes maculatus* se la registró en todos los pisos de la transecta, asociada a bajas alturas (600 y 1400 m s.n.m.) pero con mayor asociación al piso de 1000 m s.n.m. correspondiendo a la provincia fitogeográfica del Monte donde tendría mayor importancia forense (Aballay *et al.*, 2008; 2012; 2017) (Fig. 16, 17 y 19). Además, es la especie más dominante del orden Coleoptera desde los 1000 hasta los 2200 m s.n.m., pero su abundancia disminuye en los pisos de mayor altura (2600 y 3000 m s.n.m.) siendo coincidente con los resultados obtenidos por Jofré (2018), para precordillera de Villavicencio en Mendoza (Fig. 13 y 17).

En Pie de Palo *D. maculatus* se encontraba en todos los pisos de esta transecta, pero presentó una mayor asociación a los 600-1000 m s.n.m. (Fig. 16 y 18). Si bien no fue la especie más dominante de Coleoptera como en Precordillera, si fue el necrófago más dominante en todos los pisos de esta transecta, solamente en el piso de 1800 m s.n.m. comparte su elevada dominancia con el Grupo peruviano, donde tiene elevada asociación. Dentro de esta familia, el complejo de especies pertenecientes al Grupo peruviano denotó un grado de asociación mayor con alturas intermedias (1800 m s.n.m.) que corresponden a la provincia fitogeográfica del Cardonal, en donde tendrían mayor relevancia forense (Fig. 14 y 18). Por el contrario, en Precordillera el Grupo peruviano presenta asociación a baja altura (600 m s.n.m.) pero son raras a 3000 m s.n.m., esto radica en el hecho de que posiblemente intervengan diferentes especies en diferentes alturas y en las diferentes transectas (Fig. 16 y 19). Futuros estudios taxonómicos son necesarios para permitir diferenciar las especies de este grupo.

Trogidae están asociados a las últimas etapas del proceso de descomposición, estadio de Restos. Poseen hábitos predatorios y carroñeros, y su dieta incluye principalmente queratina por lo cual a los imagos se los encuentra entre plumas, pelaje, piel, materia fecal y cueros de cadáveres, y también de osamentas o esqueletos con poco tejido (Vaurie, 1962; Scholtz, 1990; Gómez, 2008; Byrd & Castner, 2010), ocasionalmente en huevos de langostas (Conil, 1880; Van Emden, 1948) y en algunos casos, en excremento particularmente de carnívoros.

En estudios en ambientes méxicos y séricos, se registraron adultos en cuerpos en descomposición con cerdo (Diéguez & Gómez, 2004; Gómez, 2005; Aballay *et al.*, 2008,

2012; Zanetti *et al.*, 2015 a, b). En este estudio, también de ambientes méxicos y séricos, se brinda información de asociación de especies de Trogidae principalmente en los pisos altos (2600 m s.n.m.) en las dos transectas estudiadas, resultados similares obtuvo Jofré (2018) pero a los 1400 m s.n.m. en el gradiente Villavicencio, Laguna del Diamante y Manzano Histórico de Mendoza. En nuestro trabajo, para Precordillera fueron registrados desde los 1400 hasta los 2600 m s.n.m., teniendo su mayor asociación a los 2600 m s.n.m. (Fig. 17 y 19). En Pie de Palo fueron registrados a lo largo de toda la transecta, con su mayor asociación a los 2600 m s.n.m. al igual que en Precordillera (Fig. 15 y 18). Si bien comparten el piso altitudinal de 2600 m s.n.m. corresponden a diferentes provincias fitogeográficas, en Pie de Palo el ecotono entre Cardonal-Puna y en Precordillera a la Puna. Aunque podría corresponder a distintas especies involucradas en diferentes transecta y pisos altitudinales, son necesarios estudios taxonómicos que permitan la identificación específica de la familia Trogidae. En este estudio la abundancia de Trogidae generalmente aumenta hacia los pisos de mayor altura, al contrario de los que ocurre con las especies de Dermestidae.

La familia Tenebrionidae fue considerada por Smith (1986), en los cuerpos humanos durante el estadio Restos, como semi-oportunista o de hábitos necrófagos; cuenta con registros en varios trabajos para Argentina (Aballay *et al.*, 2008, 2012, 2016; Zanetti *et al.*, 2015 a, b). En este estudio, Tenebrionidae fue uno de los grupos menos diversos a nivel taxonómico de género y especie, resultados diferentes a los registrados por Armani *et al.*, (2017) para la provincia de Chubut y Jofré (2018) para Mendoza (Tabla 3). Muchas de las especies en este grupo presentan una distribución reducida, como es el caso de las especies perteneciente al género *Scotobius*, lo que las convertiría en buenos indicadores a la hora de determinar traslados de cuerpos en pericias entomológicas forenses (Tabla 1 y Fig. 12).

En Pie de Palo se registraron a 3 especies de Tenebrionidae: con elevada asociación a los pisos de menor altitud (600 m s.n.m.), Tenebrionidae sp., *Achanius* sp. y *Emmallodera perlifera* podrían ser relacionadas con ambiente de Monte; y *Scotobius wittmeri* con elevada asociación a los 2200 m s.n.m. en ambiente el Cardonal donde tendría mayor relevancia forense (Fig. 18). Registros similares fueron obtenidos por Jofré (2018) en la Reserva de Villavicencio, Mendoza (Precordillera), entre los pisos de 1800-2600 m s.n.m., pero correspondientes a la provincia fitogeográfica Prepuneña. Para Precordillera se registró a la especie *Megelenophorus americanus* con asociación a los 1400 m s.n.m (Fig. 19). Esta especie fue registrada en las proximidades de la base de Pie de Palo por Aballay

*et al.* (2008) (Fig. 2). La ausencia de la misma en Pie de Palo en este estudio puede estar relacionado por el pequeño orificio del embudo de la trampa y el gran tamaño de los ejemplares de esta especie. Otra especie de Tenebrionidae sp. fue registrado con buena asociación para el piso altitudinal de los 3000 m s.n.m. en Pie de Palo (Fig. 18). Estas marcadas asociaciones le confieren potencial forense para el área de estudio de este trabajo, pero no es coincidente con los trabajos de Oliva (1997), Özdemir & Sert (2009) y Correa *et al.*, (2014) que consideran accidentales a las especies de Tenebrionidae sobre los cadáveres, y los resultados de Vasconcelos & Araujo (2012) que le restan importancia forense a esta familia. La presencia de larvas de esta familia en restos de cuerpos exhumados como los registrados por Mariani *et al.*, (2014) refuerzan la importancia de esta familia en casos donde sólo se recuperaron restos óseos de los cadáveres encontrados en la etapa final de la descomposición y con los resultados de este trabajo le aportan importancia en diferentes alturas en la transecta de Precordillera y Pie de Palo.

Nitidulidae es una familia amplia y cosmopolita (Parsons, 1943), cuyos representantes que acuden en su mayoría a frutas, flores, hongos, tejidos de plantas en fermentación y/o animales muertos (Parsons, 1943; Hayashi, 1978). Constituyen plagas de productos almacenados y de cultivos agrícolas (Borror *et al.*, 1989; Myers, 2001). Prefieren los ambientes húmedos, en donde se alimentan de la carroña (Payne & King, 1970; Castner *et al.*, 1995). Se registró para Mendoza en el estudio de gradientes altitudinales realizado por Jofré (2018). La especie más frecuente en este estudio fue *Nitidula carnaria*. En Pie de Palo mostró una elevada asociación a los 2600 m s.n.m. mientras que en Precordillera a los 1000 m s.n.m. (Fig. 18 y 19).

Carabidae representa un grupo de coleópteros que pueden encontrarse en los cadáveres, con hábitos necrófilos (Smith, 1986). En este trabajo se registró especies de esta familia en una abundancia muy baja desde los 600 hasta los 2200 m s.n.m. en Pie de Palo y desde los 600 hasta los 1800 m s.n.m. en Precordillera (Fig. 18 y 19). Centeno & Aballay (2014), le restan importancia forense a la familia por contar únicamente con el registro de adultos en los estudios realizados para el país (Scampini *et al.*, 2002). Por el contrario, en este trabajo se considera que los carábidos pueden ser relevantes en pericias forenses donde se contemple una situación de traslado de cuerpo, por la poca probabilidad de registrarlos en las mayores altitudes.

Cleridae comprende a los coleópteros que se alimentan de estadios inmaduros de otras especies presentes en excremento de animales, carroña y material vegetal y de otros materiales orgánicos como polen y ramas de árboles (Byrd & Castner, 2001; Aukema &

Raffa, 2002; Bahillo de la Puebla & López- Colon, 2006). Los cléridos que se encuentran en la carroña no sólo se alimentan de larvas de insectos sino también de piel y huesos, por lo que se consideran omnívoros (McNamara, 1991). Han sido encontrados en estudios de descomposición y sucesión de insectos (Barros de Souza & Linhares, 1997; Centeno *et al.*, 2002; Tabor *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2009). Además, se comportan como controladores biológicos de otros insectos (Ebeling, 2002). En este estudio se registró un bajo número de ejemplares representados por una especie desconocida *Cleridae* sp. únicamente en los 1800 y 2200 m s.n.m. en Precordillera asociada a ambiente de Monte alto, y *Necrobia rufipes* que mostró elevada asociación a los 600 m s.n.m. en Pie de Palo y a los 1000 m s.n.m. en Precordillera (Fig. 18 y 19). Esta especie ha sido registrada por Zanetti *et al.*, (2015 a) sobre cadáveres de cerdo destacando su importancia forense. En este trabajo *N. rufipes* suponemos que fue atraída por la diversidad de presas que atrajo el recurso cebo y fue asociada a ambiente de Monte en Pie de Palo y Precordillera (Fig. 2, 3 y 4).

Scarabaeidae está formada por escarabajos de tamaños, colores y formas muy variables, que pueden ser encontrados en madera podrida, raíces de plantas, materia vegetal en descomposición, excremento y algunos en excrementos del cadáver cuando quedan expuestos (Smith, 1986). Son reconocidos como indicadores biológicos y un grupo fundamental en el mantenimiento del ecosistema por su actividad sobre la descomposición de materia orgánica (Halffter & Matthews, 1966). La familia en este trabajo, aunque presentó baja abundancia, indicó asociación con alturas bajas (600 m s.n.m.), con solamente una especie registrada únicamente en Pie de Palo, *Canthon mutabilis*, la cual consideramos como nuevo registro para San Juan (Tabla 1 y Fig. 18). Esto puede deberse a que en el cebo de la trampa de este estudio no contiene excrementos.

En base a lo expuesto anteriormente, el aumento de la altitud se vería reflejado en los cambios en las composiciones de los ensambles de insectos (Janzen, 1973, 1976; Camero, 2003; Hodkinson, 2005) (Fig. 15 y 17). Por eso mismo, podemos decir que este estudio demuestra una estrecha asociación entre cambios altitudinales y los cambios en la composición y diversidad de especies en un área debido a las restricciones que se van demarcando para las diferentes especies a lo largo de los gradientes altitudinales efectuados.

#### 9. 4. Especies de importancia forense indicadoras de pisos altitudinales

En función de la cuarta hipótesis, los gradientes de Pie de Palo y Precordillera presentaron diferentes especies de coleópteros cadavéricos indicadoras de cada piso altitudinal. Aunque algunas especies resultaron como indicadores pisos para ambos gradientes, no destacaron como indicadoras para los mismos pisos altitudinales. De tal forma que, en Pie de Palo determinamos como las especies indicadoras de pisos altitudinales con potencial forense a los 1400 m s.n.m. a *P. longicornis* y *X. diptychus*, y a los 1800 m s.n.m. *E. ater* y derméstidos del Grupo peruviano (Fig. 24). En Precordillera, encontramos como especies indicadoras para el piso de 600 m s.n.m. a especies de derméstidos del Grupo peruviano y *X. diptychus*; y para los 2600 m s.n.m. a especies del género Trogidae y *E. caesopygus* (Fig. 25). Posiblemente las historias de vida y divergencias evolutivas de estas especies denotan sus preferencias por estas altitudes (Butterfield, 1976; Baker & Williams, 1988; Butterfield & Coulson, 1988; Butterfield *et al.*, 1999, 2001; Haslett, 1997; Fielding *et al.*, 1999; Hodkinson, 2005). Aunque se encuentren en otros pisos del gradiente altitudinal en las transectas estudiadas, las restricciones ambientales y climáticas impondrán restricciones bien marcadas que generarían mejores condiciones para el establecimiento, ocupación y aprovechamiento de los recursos, así también como el desarrollo de sus ciclos de vida (Hodkinson, 2005).

Los representantes de las familias Ommatidae, Elateridae, Curculionidae, Scarabaeidae y Meloidae no presentaron gran número de individuos. Sin embargo, al ser especies raras y en base a este estudio, exclusivas de un piso y tipo de provincia fitogeográfica (ya que las morfoespecies registradas no se encontraron en ambas transectas) tienen valor forense ya que serían buenas indicadoras (Tabla 1 y 3, Fig. 12 y 13). Otros estudios realizados en el país como Centeno *et al.* (2002) y Battán Horenstein *et al.* (2005) no obtuvieron registros de estas familias para las provincias de Buenos Aires y Córdoba respectivamente, a excepción de Scarabaeidae. En cambio, Zanetti *et al.* (2015 a) registraron a Elateridae y Meloidae, aunque las mencionan como accidentales. La falta de claves taxonómicas de estas familias permitió identificarlas solo a nivel de familia.

Denotamos en este estudio la notable eficacia en la colecta de coleópteros por parte de las trampas cebadas, esto brinda información útil para futuros estudios con cerdo doméstico que se realizan en áreas restringidas con bajo número de réplicas por los altos costos y trabajo que demanda este modelo animal. Se han realizado en Argentina experimentos utilizando el mismo tipo de cebo (Battán Horenstein *et al.*, 2005; Gómez,

2005), por consiguiente, pensamos que la posibilidad de sesgo por el tipo de cebo es baja para este tipo de trampa. Sin embargo, se deberán realizar en el futuro experimentos con diferentes tipos de cebo y modificaciones en el tamaño del embudo que proporciona la botella. Así mismo, podría ser necesario una modificación de la trampa en cuanto a protección de las condiciones climáticas, ya que a medida que uno asciende en los gradientes altitudinales las condiciones ambientales varían notoriamente, por lo que consideramos pertinente adecuar la trampa a esta variabilidad sin generar sesgos en la efectividad de captura (Fig. 4).

La entomología forense se usa comúnmente para determinar el momento de la muerte en las investigaciones de muertes humanas (Ayón, 2019). De tal forma que, los mismos criterios entomológicos utilizados para determinar el momento de la muerte de los seres humanos se aplican a los animales silvestres fallecidos (Anderson, 1999). De modo que, en el trabajo de Anderson (1999) en la provincia Manitoba en Canadá, describe el uso de la entomología forense para determinar el momento de la muerte, debido a la caza ilegal, de dos cachorros de oso negro (*Ursus americanus*). En el mismo, se pudieron recolectar como evidencia pocos insectos (moscardones adultos = Diptera: Calliphoridae), los cuales posteriormente fueron llevados a un laboratorio para reproducirse, ovipositar y posteriormente registrar el tiempo de eclosión (bajo el control de condiciones macro y micro) lo cual coincidió con el tiempo en que los acusados fueron vistos en el lugar y fue utilizado en su condena (Anderson, 1999).

Por consiguiente, podemos decir que los insectos presentes en los cadáveres de animales silvestres pueden proporcionar a los agentes encargados de hacer cumplir las leyes sobre vida silvestre (SEAyDS de la provincia de San Juan) información valiosa necesaria para incriminar a los cazadores furtivos. Las técnicas tradicionales para estimar el tiempo de muerte de animales salvajes fallecidos generalmente sólo son efectivas durante las 72 hs post mortem como máximo (Oates, 1984; Hadley *et al.*, 1999). Aunque podemos decir, que hay indicios de diferencias en la sucesión entomofauna cadavérica y descomposición en la fauna silvestre, como la registrada en cuatro especies de fauna silvestre: *Ursus americanus luteolus* (oso negro), *Odocoileus virginianus* (ciervo de cola blanca), *Alligator mississippiensis* (caimán americano) y *Sus scrofa* (Jabalí), en el centro educacional East Baton Rouge, del estado Luisiana en Estados Unidos (Watson & Carlton, 2005). Sin embargo, como nuestro estudio no trata sobre la sucesión de la entomofauna cadavérica ni la descomposición de los cadáveres. No obstante, podría utilizarse como una herramienta eficaz para justificar el traslado de cuerpos entre diferentes ambientes. En

este trabajo se brinda información que establece la línea de base sobre el conocimiento de coleópteros cadavéricos registrados en asociación con las diferentes alturas en ambientes áridos naturales en Pie de Palo y Precordillera, utilizando trampas cebadas. Esta información tendrá su parte aplicada en futuras pericias entomológicas forenses a realizarse en el área de estudio sobre cadáveres humanos o en casos de caza ilegal sobre fauna nativa.

## 10. Conclusiones

- Se identificaron 14 familias y 39 especies del orden Coleoptera asociados a carne en descomposición.
- Se determinaron especies exclusivas para ambos gradientes. Para Pie de Palo: *Canthon mutabilis* (Scarabaeidae), *Tetraphalerus bruchi* (Ommatidae), *Emmallodera perlífera*, *Achanius* spp., *Scotobius wittmeri* (Tenebrionidae), *Belonuchus rufipennis*, *Aleochara signaticollis*, *Philonthus flavolimbatus* (Staphylinidae), *Euspilotus modestus*, *E. estrobeli* (Histeridae) y Meloidae sp. Para Precordillera: *Euspilotus bisignatus*, *E. richteri*, *E. lepidus*, *Carcinops* sp. (Histeridae), Cleridae spp., *Megelenophorus americanus* (Tenebrionidae), Chrysomelidae sp., *Philonthus quadraticeps* y *Anotylus* sp. (Staphylinidae).
- Se encontraron diferencias significativas en la abundancia relativa de los coleópteros cadavéricos entre los pisos altitudinales de cada gradiente, pero no entre los mismos.
- Histeridae fue la familia más abundante (60%), seguida por Dermestidae (35%) y luego el resto de las otras familias (5%).
- Las especies más abundantes fueron *Dermestes maculatus* (29%), *Euspilotus lacordairei* (24%), *E. ater* (17%) y *Xerosaprinus diptychus* (14%); que representa 84% del total.
- La abundancia proporcional de los coleópteros cadavéricos cambia en diferentes pisos altitudinales dentro de cada gradiente y entre los gradientes principalmente reflejado en los pisos de mayor altura 2600 y 3000 m s.n.m, donde se registraron las menores abundancias proporcionales.

- Por su abundancia, se reconocen tres niveles de distribución para los coleópteros cadavéricos de Precordillera: de baja altura (600 a 1400 m s.n.m.) con especies del Grupo peruviiano, *D. maculatus*, *E. lacordairei* y *Xerosaprinus diptychus*; de altura intermedia-alta (2200-2600 m s.n.m.) con *D. maculatus*, *E. caesopygus* y *E. ater*; y de mayor altura (3000 m s.n.m.) con *E. richteri* y *E. ater*. Información con alto potencial entomológico forense.
- Por su abundancia, se reconocen tres niveles de distribución para los coleópteros cadavéricos de Pie de Palo: de baja altura (600 a 1400 m s.n.m.) con *E. lacordairei*, *D. maculatus* y *Xerosaprinus diptychus*; de altura intermedia-alta (1800 a 2200 m s.n.m.) con *E. ater*, *D. maculatus*, Grupo peruviiano y *E. caesopygus*; y de mayor altura (2600 a 3000 m s.n.m.) con Trogidae sp., *E. caesopygus* y *E. ater*. Información con alto potencial entomológico forense.
- Se identificaron nueve especies de interés forense para el área de Precordillera: *Euspilotus lacordairei*, *E. richteri*, *E. ater*, *E. caesopygus*, *X. diptychus* (Histeridae), y *Philonthus quadraticeps* (Staphylinidae), *D. maculatus* y especies del Grupo peruviiano (Dermestidae) y Trogidae sp. Nueve especies para Pie de Palo: *Euspilotus lacordairei*, *E. ater*, *E. caesopygus*, *Xerosaprinus diptychus* (Histeridae), *Philonthus longicornis* y *Belonuchus rufipennis* (Staphylinidae), *D. maculatus* y especies del Grupo peruviiano (Dermestidae) y Trogidae sp.
- Se identificaron las especies indicadoras de pisos altitudinales de potencial forense para Pie de Palo: *P. longicornis* y *X. diptychus* para el piso de los 1400 m s.n.m.; y *E. ater* y Derméstidos del Grupo peruviiano para los 1800 m s.n.m.. Para Precordillera: Derméstidos del Grupo peruviiano y *X. diptychus* para el piso de 600 m s.n.m.; y *E. caesopygus* y los morfos del género Trogidae para los 2600 m s.n.m..

## 11. Futuras investigaciones

- Construcción de Claves taxonómicas para la identificación de especies de las familias Dermestidae y Trogidae con potencial forense de ambientes áridos.
- Estudios en otras estaciones del año, ciclos de vida y descripción de larvas brindaran una base más amplia y sólida para resolver pericias entomológicas en Cordillera y Precordillera.

- Estudios de ciclos de vida (para inferir en el PMI) de las especies de los géneros necrófilos *Euspilotus* y *Xerosaprinus* (Histeridae), *Belonuchus* y *Philonthus* (Staphylinidae) por presentar una mayor abundancia y distribución restringida.
- Estudios de ciclos de vida en especies de los géneros *Philonthus*, *Alechara* y *Atheta* (Staphylinidae), *Dermestes* (Dermestidae) y Trogidae sp., por presentar una distribución restringida a un determinado ambiente.
- La prueba de otros modelos de trampa y cebos con diferente grado de descomposición permitirán afinar la técnica de captura con trampas cebadas en caso de coleópteros cadavéricos necrófagos.
- Estudios entomológicos forenses de otros gradientes altitudinales en Argentina y en la región de cuyo que permitan realizar nuevas comparaciones.

## 12. Bibliografía

- Aballay, F.H., Murúa, A.F., Acosta, J.C. & Centeno, N.D, 2008. Primer registro de artropodofauna cadavérica en sustratos humanos y animales en San Juan, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 67(3-4), 157-163.
- Aballay, F.H., Fernández Campón, F., Mulieri, P.R. & Urquiza, S.V., 2011. Sarcophagidae (Diptera) de importancia forense en la puna de Catamarca: la ovoviviparidad como ventaja en condiciones de extrema aridez. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 70 (3-4): 255–266.
- Aballay, F.H., 2012. Estudios estacionales en composición, colonización y asociación de la entomofauna cadavérica, en relación a los estadios de descomposición en zonas áridas de llanura y de altura (Doctoral dissertation, PhD Thesis, Universidad Nacional de Quilmes, Buenos Aires province).
- Aballay, F. H., Murua, A. F., Acosta, J. C. & Centeno, N. D., 2012. Succession of carrion fauna in the arid region of San Juan province, Argentina and its forensic relevance. *Neotropical Entomology*, 41, 27-31.
- Aballay, F.H., Arriagada, G., Flores, G.E. & Centeno, N.D., 2013. An illustrated key to and diagnoses of the species of Histeridae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *ZooKeys*, (261), 61.

- Aballay, F.H., Chani-Posse, M.R., Ayón, M.R., Maldonado, M.B. & Centeno, N.D., 2014. An illustrated key to and diagnoses of the species of Staphylinidae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *Zootaxa*, 3860(2), 101-124.
- Aballay, F.H., Flores, G.E., Silvestro, V.A., Zanetti, N.I., & Centeno, N.D., 2016. An illustrated key to, and diagnoses of the species of Tenebrionidae (Coleoptera) associated with decaying carcasses in Argentina. *Annales Zoologici*, 66 (4) 703-726.
- Aballay, F.H., Jofré, F.N. & Centeno, N.D., 2017. Asociación y estratificación de la entomofauna cadavérica a diferentes profundidades en el suelo como indicadores complementarios en largos intervalos post mortem. *Revista y Museo Argentino de Ciencias Naturales, n.s.* 19 (2): 225–234.
- Abdala, C. S., Acosta, J. L., Acosta, J. C., Blanca, B. A, Arias, F., Avila L. J., Blanco, M. G., Bonino, M., Boretto, J. M., Brancatelli, G., Breitman, M. F., Cabrera, M. R., Cairo, S., Corbalan V., Hernando A., Ibarguengoytia, N. R., Kacoliris F., Laspiur, A., Montero, R., Morando, M., Pelegrin, N., Perez, C. H. F., Quinteros, A. S., Semhan, R. V., Tedesco, M. E., Vega, L. & Zalba, S. M., 2012. Categorización del estado de conservación de las lagartijas y anfisbenas de la República Argentina. *Cuadernos de herpetología*, vol. 26, pp. 215–248.
- Acorn, J. H., Kee, C. X. & Glasier, J. R., 2020. Habitat Associations and Phenology of Sand Dune Hister Beetles in the Grasslands of Western Canada (Coleoptera: Histeridae). *The Coleopterists Bulletin*, 74(3), 585-589.
- Acosta, X., González-Reyes, A. X., Corronca, J. A., & Centeno, N. D., 2021. Estimation of the postmortem interval through the use of development time of two South American species of forensic importance of the genus *Lucilia* (Diptera: Calliphoridae). *Journal of Medical Entomology*, 58(3), 1064-1073.
- Almeida, L. M., & Mise, K. M., 2009. Diagnosis and key of the main families and species of South American Coleoptera of forensic importance. *Revista Brasileira de Entomologia*, 53, 227-244.
- Amat, E., Ramírez-Mora, M.A., Buenaventura, E. & Gómez-Piñerez, L.M., 2013. Variación temporal de la abundancia en familias de moscas carroñeras (Diptera, Calyptratae) en un valle andino antropizado de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 29(3), 463-472.
- Anderson, G. S. & VanLaerhoven, S. L., 1996. Initial studies on insect succession on carrion in Southwestern British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*, 41(4): 617–625.

- Anderson, G. S., 1998. Wildlife forensics: using forensic entomology in the investigation of illegally killed black bears. *The Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences*, 4: 45.
- Anderson, G. S., 1999. Wildlife forensic entomology: determining time of death in two illegally killed black bear cubs. *Journal of Forensic Sciences*, 44(4): 856–859.
- Anderson, G.S., Byrd, J.H. & Castner, J.L., 2001. Sucesión de insectos en carroña y su relación con la determinación del momento de la muerte. *Entomología forense: la utilidad de los artrópodos en las investigaciones legales*, 143, 76.
- Armani, A.P., Centeno, N.D. & Dahinten, S.L., 2015. Primer estudio de artropodofauna cadavérica sobre modelos experimentales porcinos en el noreste de la provincia de Chubut, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 74 (3-4): 123–132.
- Armani, A.P., Dahintein, S.L & Centeno, N.D., 2017. Artropodofauna cadavérica asociada a cerdo doméstico (*Sus scrofa*) en un ambiente ribereño en Chubut, Argentina. *Revista Colombiana de Entomología*, 43 (2): 262–267.
- Arnaldos, M.I., Prado de Castro, C., Presa, J.J., López-Gallego, E. & García, M.D., 2006. Importancia de los estudios regionales de fauna sarcosaprófaga. Aplicación a la práctica forense. *Ciencia Forense*, 8: 63–82.
- Arnett, Jr. R.H., 1968. The Beetles of the United States: a manual for identification. The American Entomological Institute. *Ann Arbor*, MI. 1112 pp.
- Arnett, Jr. R.H., Downie, N.M. & Jaques, H.E., 1980. How to know the beetles. 2d ed. Pictured key nature series. W. C. Brown Co. Dubuque, Iowa.
- Ashe, J.S., 1987. Egg chamber production, egg protection, and clutch size among fungivorous beetles of the genus *Eumicrota* Casey (Coleoptera: Staphylinidae) and their evolutionary implications. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 90: 255–273.
- Atkinson, D., 1994. Temperature and organism size – a biological law for ectotherms? *Advances in Ecological Research*, 25, 1–58.
- Aubry, S., Magnin, F., Bonnet, V. & Preece, R.C., 2005. Multi-scale altitudinal patterns in species richness of land snail communities in south-eastern France. *Journal of Biogeography*, 32(6), 985-998.
- Aukema, B.H. & Raffa, K.F., 2002. Relative effects of exophytic predation, endophytic predation, and intraspecific competition on a subcortical herbivore: consequences to the reproduction of *Ips pini* and *Thanasimus dubius*. *Oecologia*, 133: 483–491.

- Ayón, R., Corronca, J.A. & Centeno, N.D., 2004. Sucesión de artrópodos y diversidad de dípteros en cadáveres de cerdos en área rural de campo Quijano Salta (Argentina). II Reunión Binacional Ecología, Mendoza, 195.
- Ayón, R., 2013. Sucesión de artrópodos carroñeros en cadáveres de cerdo (*Sus scrofa*) en la provincia de Salta, Argentina: análisis de los posibles factores que determinan su cambio (Doctoral dissertation, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Quilmes).
- Ayón, M. R., 2019. Entomología Forense. En M. R. Ayón (Ed.), *Biología Forense*. Opera Lilloana, 54 (pp. 92-117). Fundación Miguel Lillo.
- Bahillo de la Puebla, P. & López-Colon, J.I., 2006. Los Cléridos de la comunidad de Madrid (Coleoptera, Cleridae). *Graellsia*, 62 (número extraordinario): 403–418.
- Baker, A.E.M. & Williams, J. S., 1988. Montane barriers to gene flow of *Melanoplus bivittatus* (Orthoptera, Acrididae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 34, 289–307.
- Barnosky A.D., Matzke N., Tomiya S., Wogan G.O., Swartz B., Quental T.B., Marshall C., McGuire J.L., Lindsey E.L., Maguire K.C., 2011. ¿Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? *Nature* 471:51–57.
- Barquez, R. M., Díaz, M., & Ojeda, R. A., 2006. Mamíferos de Argentina: sistemática y distribución. Sociedad Argentina para el Estudio de los Mamíferos, Tucumán.
- Barros de Souza, A.M. & Linhares, A.X., 1997. Diptera and Coleoptera of potential forensic importance in southeastern Brazil: relative abundance and seasonality. *Medical and Veterinary Entomology*, 11(1): 8–12.
- Barros de Souza, A.S., Dutra Kirst, F. & Ferreira Krüger, R., 2008. Insects of forensic importance from Rio Grande do Sul state in southern Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 52: 641–646.
- Battán Horenstein, M., Arnaldos, M.I., Rosso, B. & García, M.D., 2005. Estudio preliminar de la comunidad sarcosaprófaga en Córdoba (Argentina): aplicación a la entomología forense. *Anales de Biología*, (27): 191–201.
- Battán Horenstein, M., Linhares, A.X., Rosso, B., & Garcia, M.D., 2007. Species composition and seasonal succession of saprophagous calliphorids in a rural area of Córdoba: Argentina. *Biological Research*, 40(2), 163-171.
- Battán Horenstein, M., Linhares, A.X., Rosso de Ferradas, B. & García, M.D., 2010. Descomposición y sucesión de dípteros en carroña porcina en el centro de Argentina: aspectos ecológicos y su importancia en la ciencia forense. *Entomología Médica Veterinaria*, 24 (1), 16-25.

- Battán Horenstein, M., & Linhares, A.X., 2011. Seasonal composition and temporal succession of necrophagous and predator beetles on pig carrion in central Argentina. *Medical and Veterinary Entomology*, 25 (4), 395-401.
- Battán Horenstein, M., Rosso, B., & García, M.D., 2012. Seasonal structure and dynamics of sarcosaprophagous fauna on pig carrion in a rural area of Cordoba (Argentina): Their importance in forensic science. *Forensic Science International*, 217(1-3), 146-156.
- Baz, A., Cifrián, B., Díaz-árandá, L.M., & Martín-Vega, D., 2007. The distribution of adult blow-flies (Diptera: Calliphoridae) along an altitudinal gradient in Central Spain. *In: Annales de la Sociéte entomologique de France*, 43 (3), pp. 289-296).
- Beals, E.W., 1984. Bray-Curtis ordination: an effective strategy for analysis of multivariate ecological data. En A. F. Mac Fadyen (ed.), *Advances in ecological research*, pp. 1-55, Academic Press.
- Becerra, S., Marinero, J., & Borghi, C. E., 2022. Poaching and illegal wildlife trade in western Argentina. *Ethnobiology and Conservation*, 11.
- Begon, M., Harper, J.L. & Townsend, C.R., 1999. Ecología: individuos, poblaciones y comunidades (No. 04; QH541, B43y 1999.). Barcelona: Omega.
- Benecke, M., 1998. Six forensic entomology cases: description and commentary. *Journal of Forensic Sciences*, 43(4): 797–805.
- Benecke, M., 2001. A brief history of forensic entomology. *Forensic Sci. Int.* 120: 2-14.
- Beninato, V. A., Borghi, C. E., de los Ríos, C. F., & Giannoni, S. M. (2019). Diversidad de un ensamble de micromamíferos en la Puna Desértica de San Juan (Argentina). *Mastozoología neotropical*, 26(1), 31-48.
- Bland, J. M. & D. G. Altman., 1995. Multiple significance tests: the Bonferroni method. *BMJ*, 310 (6973): 170-170.
- Borghi C. E., Hernandez J., Campos C. M., 2017. Recognition and uses of *Rhea tarapacensis* by residents in the catchment area of the San Guillermo Biosphere reserve (San Juan, Argentina). *El Hornero* 32:019–028.
- Bornemissza, G. F., 1968. Studies on the histerid beetle *Pachylister chinensis* in Fiji, and its possible value in the control of buffalo-fly in Australia. *Australian Journal of Zoology*, 16: 673–688.
- Borror, D. J., Triplehorn, C.A. & Johnson, N. F., 1989. An introduction to the study of insects. 6th edition. Saunders College Publishing. *Philadelphia*, 875 pp

- Brehm, G., Homeier, J. & Fiedler, K., 2003a. Beta diversity of geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) in an Andean montane rainforest. *Diversity and Distributions*, 9, 351–366.
- Brehm, G., Süssenbach, D. & Fiedler, K., 2003b. Unique elevational diversity patterns of geometrid moths in an Andean montane rainforest. *Ecography*, 26, 456–466.
- Brown, J. & Lomolino, M., 1998. Sinauer, Sunderland, Mass. *Biogeography*. 2d ed.
- Butchart, S. H., Walpole M., Collen B., Van Strien A., Scharlemann J. P., Almond R. E., Baillie J. E., Bomhard B., Brown C., Bruno, J., 2010. Global biodiversity: indicators of recent declines. *Science* 328:1164–1168.
- Butterfield, J., 1976. Effect of photoperiod on a winter and on a summer diapause in two species of crane-fly (Tipulidae). *Journal of Insect Physiology*, 22, 1443–1446.
- Butterfield, J. & Coulson, J. C., 1988. The rate of development in the overwintering eggs of *Tipula pagana* Meigen. *Journal of Insect Physiology*, 34, 53–57
- Butterfield, J., Telfer, G., Fielding, C. & Coulson, J.C., 1999. The diapause syndrome in the seed-eating caterpillar of *Coleophora alticolella*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 92, 321–330.
- Butterfield, J., Whittaker, J. B. & Fielding, C. A., 2001. Control of the flexible annual/biennial life cycle of the heather psyllid *Strophingia ericae*. *Physiological Entomology*, 26, 266–274.
- Byrd, J. H. & Castner, J. L., 2001. Forensic Entomology: the utility of arthropods in legal investigations. CRC Press. Boca Raton, Florida, 418 pp.
- Byrd, J.H. & Castner, J.L., 2010. Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations, second ed. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, London, N.Y.
- Cabrera, A.L., 1976. Regiones fitogeográficas Argentinas. Enciclopedia Argentina de agricultura y jardinería. Acme. Buenos Aires.
- Camero, E., 2003. Caracterización de la fauna de carábidos (Coleoptera: Carabidae) en un perfil altitudinal de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*, 27(105), 491-516.
- Caminos, R. L., 1970. Sierras Pampeanas de Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan.
- Caminos, R., 1972. Sierras Pampeanas de Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. Pp. 41 - 79, en A.F. Leanza (Editor): Geología Regional Argentina, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba.

- Caminos, R., 1979. Sierras Pampeanas Noroccidentales: Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. Segundo Simposio de Geología Regional Argentina, 1, Academia Nacional de Ciencias, Córdoba, Pp. 225 – 291.
- Caneparo, M.F.C., Fischer, M.L., & Almeida, L.M., 2017. Effect of temperature on the life cycle of *Euspilotus azureus* (Coleoptera: Histeridae), a predator of forensic importance. *Florida Entomologist*, 100(4), 795-801.
- Caro, T. M., O'Doherty, G. 1999. On the use of surrogate species in conservation biology. *Conservation Biology*. 13:805-814.
- Carretero, E. M. 1995. La Puna Argentina: delimitación general y división en distritos florísticos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 31(1–2), 27-40.
- Castillo-Miralbés, M., 2001. Artrópodos presentes en carroña de cerdos en la comarca de la litera (Huesca). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, (28): 133–140.
- Castner, J. L., Byrd, J.H. & Butler, J. F., 1995. Forensic insect field identification cards. Forensic Sciences Foundation Inc. Colorado Springs, Colorado.
- Catts, E. P. & Goff, M. L., 1992. Forensic entomology in criminal investigation. *Annual Review of Entomology*, 37: 253–272.
- Cei, J. M. A. M., 1980. Nota preliminar sobre la fisonomía faunística y biogeográfica de la Sierra Pie de Palo, provincia de San Juan, Argentina. *Historia Natural*, 1.
- Cei, J. M. A. M., 1982. A new endemic lizard from Sierra Pie de Palo in western Argentina. *Journal of Herpetology* 16 (2): 179-182.
- Cei, J. M., 1986. Reptiles del centro, centrooeste y sur de la Argentina. Museo Regionale di Scienze Naturali, Torino; Monografie IV. 527 pp.
- Centeno, N., Maldonado, M. & Oliva, A., 2002. Patrones estacionales de artrópodos presentes en cadáveres de cerdos protegidos y no protegidos en la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Forensic Science International*, 126 (1), 63-70.
- Centeno, N.D. & Aballay, F.H., 2014. Entomología Forense. In: Roig-Juñent, S., Claps, L.E., & Morrone, J. J. Biodiversidad de Artrópodos de Argentina, Vol. 4. 21–33.
- Chani Posse, M. & Thayer, M.K., 2008. Staphylinidae. In: Debandi G. O. and Claps L. E. y Roig-Juñent S. A. (Eds.). Biodiversidad de artrópodos argentinos. Sociedad Entomológica Argentina ediciones. Mendoza, Argentina, 471–494 pp
- Chown, S.L. & Klok, C.J., 2003. Altitudinal body size clines: latitudinal effects associated with changing seasonality. *Ecography*, 26, 445–455.
- Colwell, R. & Lees, D., 2000. The mid-domain effect: geometric constraints on the geography of species richness. *Trends in Ecology and Evolution*, 15, 70–76.

- Conil, P. A., 1880. Etudes sur l 'Acridium paranense Burm., ses variétés et plusieurs insectes qui le détruisent. *Periódico Zoológico. Sociedad Zoológica Argentina*, 3: 177–257.
- Correa, R.C., Almeida, L.M. & Moura., M.O., 2014. Coleoptera associated with buried carrion: potential forensic importance and seasonal composition. *Journal Medical Entomology*. 51 (5): 1057–1066.
- Cruise, A., Watson, D. W., & Schal, C., 2018. Ecological succession of adult necrophilous insects on neonate *Sus scrofa domesticus* in central North Carolina. *PLoS One*, 13(4), e0195785.
- Dekeirsschieter, J., Verheggen, F., Lognay, G. & Haubruge, E., 2011. Large carrion beetles (Coleoptera, Silphidae) in Western Europe: a review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment* 15(3): 435–447.
- Díaz, W.C., Anteparra, M.E. & Hermann A., 2008. Dermestidae (Coleoptera) en el Perú: revisión y nuevos registros. *Revista Peruana de Biología* 15(1): 15–20.
- Diéguez, V.M. & Gómez, R.S., 2004. Aporte al conocimiento de las Trogidae de la Argentina (Coleoptera). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*. 63 (1-2): 92–95.
- Dirzo, R., Young, H.S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N.J. & Collen, B., 2014. Defaunation in the Anthropocene. *Science* 345:401–406.
- Dufrêne, M. & Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3): 345-366.
- Ebeling, W., 2002. Pests of Stored Food Products. Urban Entomology. University of California Riverside, Chapter 7.
- Feisinger, P., 2004. El diseño de estudios de campo para la conservación de la Biodiversidad. Editorial FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 98-115 p.
- Fielding, C.A., Whittaker, J.B., Butterfield, J.E.L. & Coulson, J.C., 1999. Predicting responses to climate change: the effect of altitude and latitude on the phenology of the spittlebug *Neophilaenus lineatus*. *Functional Ecology*, 13, 65–73.
- Fleishman, E., Austin, G. & Weiss, A. 1998. An empirical test of Rapoport's rule: elevational gradients in montane butterfly communities. *Ecology* 79: 2472-2483.
- Fleishman E., Murphy, D. D., Blair, R. B. 2001. Selecting effective umbrella species. *Conservation in Practice*. 2:17-23.
- Forsyth, A. & Alcock, J., 1990. Ambushing and prey-luring as alternative foraging tactics of the fly-catching rove beetle *Leistrotrrophus versicolor* (Coleoptera: Staphylinidae). *Journal of Insect Behavior*, 3: 703–718.

- Frank, J. H., 1991. Staphylinidae (Staphylinoidea). In: Stehr F. W. (Ed.). *Immature Insects*. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa, Vol. 2: 341–352 pp.
- Frank, J.H., Bennett, F.D. & Cromroy, H.L., 1992. Distribution and prey records for *Oligota minuta* (Coleoptera: Staphylinidae), a predator of mites. *Florida Entomologist*, 75: 376–380.
- Frank, J.H. & Thomas, M.C., 1999. Rove beetles of Florida, Staphylinidae (Insecta: Coleoptera: Staphylinidae). EENY-115 (IN272). Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. 1–13 pp.
- Fuentes, E. R. & Jaksic, F. M., 1979. Lagartos y roedores: una explicación de su relativa diversidad de especies en Chile. *Arch Biol Med Exper* (Chile), 12, 179-190.
- Geden, C.J. & Axtell, R.C., 1988. Predation by *Carcinops pumilio* (Coleoptera: Histeridae) and Macrocheles *Musca domestica* (Acarina: Macrochelidae) on the house fly (Diptera: Muscidae): functional response, and effects of temperature and availability of alternative prey. *Environmental Entomology*.
- Goff, M.L., 1991. Comparison of insect species associated with decomposing remains recovered inside dwellings and outdoors on the island of Oahu, Hawaii. *Journal of Forensic Sciences*, 36(3): 748–753. Goff M. L. 1992.
- Gomes, L., Gomes, G. & Desuó, I.C., 2009. A preliminary study of insect fauna on pig carcasses located in sugarcane in winter in Southeastern Brazil. *Medical and Veterinary Entomology*, 23(2): 155–159.
- Gómez, R.S., 2005. Atractividad de diferentes cebos sobre Trógididos (Coleoptera) en el Bosque Autóctono "El Espinal", Río Cuarto (Córdoba, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 64 (1-2): 103–105.
- Gómez, R.S., 2008. Trogidae. En: Claps L.E, Debandi G. and Roig-Juñent S. (Eds). *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos*. Editorial Sociedad Entomológica Argentina. Mendoza, Vol. 2: 509–518 pp.
- Greenberg, B., 1991. Flies as forensic indicators. *Journal of Medical Entomology*, 28(5): 565–577.
- Grígolo, M. A., Rodríguez, A., Sottile, A., Pittaluga, M. A., González, M., Martínez, P., & Klinger, F. L. 2024. Identificación de Unidades Ambientales para la construcción de territorios sustentables a partir de estudios geológicos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 81 (2).

- Hadley, B. M., Robbins, L. W., & Beffa, D. A., 1999. Estimating time of death of deer in Missouri; a comparison of three indicators. *Journal of forensic sciences*, 44(6), 1124-1130.
- Haene, E., Montañez, A. & Nuñez, G., 1994. Recomendaciones para el uso del plan de manejo de la Reserva Privada de Usos Múltiples Don Carmelo (Departamento Ullúm, Provincia de San Juan). *Informe de la Administración de Parques Nacionales*, pp. 1-14, Buenos Aires.
- Hair, J., Anderson, R., Tatham, R.L. & Black, W.C., 1998. Multivariate data analysis, fifth ed. Prentice Hall, *Upper Saddle River*.
- Halffter, G. & Matthews, E.G., 1966. The natural history of dung beetles of the subfamily Scarabaeinae (Coleoptera, Scarabaeidae). *Folia Entomológica Mexicana*, (12-14): 1-312.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D., 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1): 9.
- Haslett, J.R., 1997. Insect communities and the spatial complexity of mountain habitats. *Global Ecology and Biogeography Letters*, 6, 49-56
- Hawkins, B.A. & De Vries, P.J., 1996. Altitudinal gradients in the body sizes of Costa Rican butterflies. *Acta Oecologica*, 17, 185-194.
- Hayashi, N., 1978. A contribution to the knowledge of the larvae of Nitidulidae occurring in Japan (Coleoptera: Cucujoidea). *Insect a Matsumurana* (New series), 14: 1- 98.
- Heaney, L.R., 2001. Small mammal diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*, 10, 15-39.
- Hodkinson, I.D., 2005. Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80: 489-513.
- Hofmann, O., 1886. Observations de larves de Diptères sur des cadavres exhumés. *C-R Séances Soc ent Belgique* 74:131-132
- Holloway, J.D., Robinson, G.S. & Tuck, K.R., 1990. Zonation in the Lepidoptera of northern Sulawesi. Insects and the rain forest of Southeast Asia (Wallacea). Royal Entomological Society of London. A Special Project Wallace Symposium (ed. by W.J. Knight and J.D. Holloway), pp. 53-166.
- Janzen, D.H., 1973. Barrido de muestras de insectos de follaje tropical: efectos de las estaciones, tipos de vegetación, elevación, hora del día e insularidad. *Ecology*, 54 (3), 687-708.

- Janzen, D.H., Ataroff, M., Farinas, M., Reyes, S., Rincon, N., Soler, A., & Vera M., 1976. Cambios en la comunidad de artrópodos a lo largo de un transecto de elevación en los Andes venezolanos. *Biotropica*, 193-203.
- Jayat, J. P., Ortiz, P. E., & Miotti, M. D., 2008. Distribución de sigmodontinos (Rodentia: Cricetidae) en pastizales de neblina del noroeste argentino. *Acta Zoológica Mexicana* 24:137-177. <https://doi.org/10.21829/azm.2008.243913>.
- Jay-Robert, P., Lobo, J. M., & Lumaret, J. P., 1997. Altitudinal turnover and species richness variation in European montane dung beetle assemblages. *Arctic and Alpine Research*, 29(2), 196-205.
- Jofré, N.F., 2018. Estudio de la variación altitudinal y latitudinal de coleópteros con importancia forense en Mendoza. Tesis de licenciatura en Ecología, Universidad Champagnat, Mendoza, Argentina.
- Kessler, M., 2001. Patterns of diversity and range size of selected plant groups along an elevational transect in the Bolivian Andes. *Biodiversity and Conservation*, 10, 1897–1921.
- Knowles, L. L., 2000. Tests of Pleistocene speciation in montane grasshoppers (genus *Melanoplus*) from the sky islands of western North America. *Evolution*, 54(4), 1337-1348.
- Kočárek, P., 2001. Diurnal patterns of post feeding larval dispersal in carrion bowflies (Diptera: Calliphoridae). *European Journal of Entomology*, 98(1): 117-119.
- Köppen, W., 1931. Grundriss der Klimakunde. *De Gruyter*.
- Kovarik, P.W. & Caterino, M.S., 2001. Histeridae Gyllenhall, 1808. In: Arnett R. H. and Thomas M. C. (Eds.). American beetles. Vol. 1. Archostemata, Myxophaga, Adepaga, Polyphaga: Staphyliniformia. CRC Press. Boca Raton - London - New York - Washington, DC. 212–227 pp.
- Krebs, C. J. 1978. Ecology; the experimental analysis of distribution and abundance. Harper y Row Publishers. *Nueva York*. 678 p.
- Landers, P. B. Verner, J. Thomas, J. W. 1988. Ecological uses of vertebrates indicators species: a critique. *Conservation Biology*. 2:316-328.
- Leclercq, M., 1976. Entomologie et médecine légale: *Sarcophaga argyrostoma* Rob Desv. (Dipt. Sarcophagidae) et *Phaenicia sericata* Meigen (Diptera. Calliphoridae). *Bulletin et Annales de la Société royale belge d'Entomologie*, 112: 119–126.
- Lee, C.B., Chun, J.H., Song, H.K., & Cho, H.J., 2013. Altitudinal patterns of plant species richness on the Baekdudaegan Mountains, South Korea: mid-domain effect, area, climate, and Rapoport's rule. *Ecological research*, 28, 67-79.

- Lesnoff, M. & Lancelot, R. 2012. aod: Analysis of Overdispersed Data. R package version 1.3.2, URL <http://cran.r-project.org/package=aod>
- Lin, S. W. & Shiao, S. F., 2013. Life history data on the fly parasitoids *Aleochara nigra* Kraatz and *A. asiatica* Kraatz (Coleoptera: Staphylinidae), and their potential application in forensic entomology. *Forensic Science International*, 232: 46–55.
- Lindenmayer, D. B., Manning, A. D., Smith, P. L., Possingham, H. P., Fischer, J., Oliver, I., McCarthy, M. A. 2002. The focal-species approach and landscape restoration: a critique. *Conservation Biology*. 16:338-345.
- Lobo, J. M. & Halffter, G., 2000. Biogeographical and ecological factors affecting the altitudinal variation of mountainous communities of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeoidea): a comparative study. *Annals of the entomological Society of America*, 93(1), 115-126.
- Lobo, F.; Espinoza R. E.; Sanabria E. A. y Quiroga L. B. 2012. A New Phymaturus (Iguania: Liolaemidae) from the Southern Extreme of the Argentine Puna. *Copeia* 1:12-22.
- Lomolino, M.V., 2001. Gradientes de elevación de la densidad de especies: puntos de vista históricos y prospectivos. *Ecología global y biogeografía*, 10 (1), 3-13.
- MacArthur, R., 1969. Patterns of Communities in the Tropics. *Biological Journal of the Linnean Society* 1: 19-30.
- MacVean, C. & Schuster, J.C., 1981. Altitudinal Distribution of Passalid Beetles (Coleoptera, Passalidae) and Pleistocene Dispersal on the Volcanic Chain of Northern Central America. *Biotropica*, 13, 29–38.
- Magaña, C., 2001. La entomología forense y su aplicación a la medicina legal. Data de la muerte. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 28(49), 161.
- Magurran, A., 1988. Ecological diversity and its measurements. *Chapman and Hall, London*. 179 p.
- Mariani, R., Garcia Mancuso, R., Varela G.L., & Inda, A.M., 2014. Entomofauna of a buried body: Study of the exhumation of a human cadaver in Buenos Aires, Argentina. *Forensic Science International*, 237: 19–26.
- Márquez, J., & Pastrán, G., 2017. Las áreas naturales protegidas de la provincia de San Juan. *San Juan Ambiental*, 459-478.
- Márquez J., Martínez Carretero E., Dalmaso A. 2018. Provincias Fitogeográficas de San Juan. En Los Reptiles de San Juan (15-19). Córdoba: Editorial Brujas

- Martínez-Carretero, E., 1995. La Puna argentina: delimitación general y división en distritos florísticos. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 31:27- 40. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v52.n1.16904>.
- Mavárez-Cardozo, M.G., Espina de Ferreira, A.L., Barrios-Ferrer, F.A. & Ferreira Paz, J.L., 2005. La entomología forense y el neotrópico. *Cuadernos de Medicina Forense*, 11(39): 23-33.
- McCain, C.M., 2004. The mid-domain effect applied to elevational gradients: species richness of small mammals in Costa Rica. *Journal of Biogeography*, 31, 19–31.
- McCain, C.M. & BracyKnight, K., 2013. La regla de Rapoport elevacional no es generalizada en las montañas. *Ecología global y biogeografía*, 22 (6), 750-759.
- McCoy, E.D., 1990. The distribution of insects along elevational gradients. *Oikos*, 58, 313–322.
- McGeoch, M. A., Van Rensburg, B. J., Botes, A. 2002. The verification and application of bioindicators: a case study of dung beetles in a savanna ecosystem. *Journal of Applied Ecology*. 39(4):661-672.
- McNamara, J., 1991. Family Cleridae: checkered beetles. In: Bousquet Y. (Ed.). Checklist of the Beetles of Canada and Alaska. *Agriculture Canada Publication*, 1861/E. 208–211 pp.
- Mise, K.M., Massutti de Almeida, L. & Moura, M.O., 2007. Levantamento da fauna de Coleoptera que habita a carcaça de *Sus scrofa* L., em Curitiba, Paraná. *Revista Brasileira de Entomologia*, 51(3): 358–368
- Morón, M.A., & Terrón, R.A., 1984. Distribución altitudinal y estacional de los insectos necrófilos en la Sierra Norte de Hidalgo, México. *Acta Zoológica Mexicana* (ns), (3), 1-47.
- Muñoz, A., & Amarillo-Suárez, Á., 2010. Variación altitudinal en diversidad de Arctiidae y Saturniidae (Lepidoptera) en un bosque de niebla colombiano. *Revista Colombiana de Entomología*, 36(2), 292-299.
- Myers, L., 2001. Sap beetles (of Florida), Nitidulidae (Insecta: Coleoptera: Nitidulidae). EENY256. Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida, 8 pp.
- Newton, A. F., Thayer, M. K., Ashe, J. S. & Chandler, D. S., 2001. Staphylinidae Latreille, 1802. In: Arnett R. H. Jr. & Thomas M. C. (Eds.). *American Beetles, Archostemata, Myxophaga, Adepaga, Polyphaga: Staphyliniformia*. CRC Press. Boca Raton, Florida, 1 : 272–418 pp.

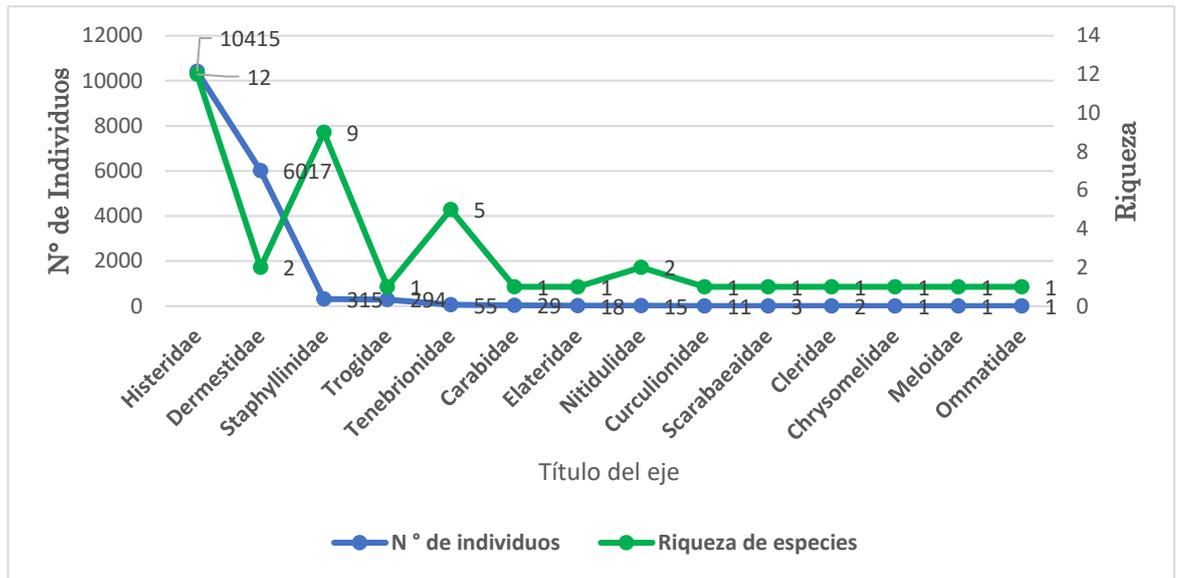
- Novillo, A., & Ojeda, R. A., 2012. Diversity and distribution of small mammals in the South American dry Andes. *Austral Ecology* 37:758-766. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.2011.02336.x>
- Nuorteva, P., 1970. Escarabajos histéricos como depredadores de moscas azules (Diptera, Calliphoridae) en Finlandia. *Annales Zoologici Fennici* 7: 195–198.
- Oates, D. W., Coggin, J. L., Hartman, F. E., & Hoilien, G. I., 1984. A guide to time of death in selected wildlife species.
- Odum, E., 1972. Ecología. México, México: Interamericano. 70 p.
- Oliva, A., 1997. Insectos de interés forense de Buenos Aires (Argentina): Primera lista ilustrada y datos bionómicos. Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia e Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales.
- Oliva, A., 2001. Insects of forensic significance in Argentina. *Forensic Science International*, 120 (1–2): 145–154.
- Olson, D.M., 1994. The distribution of leaf litter invertebrates along a Neotropical altitudinal gradient. *Journal of Tropical Ecology*, 10, 129–150.
- Özdemir, S. & Sert., O., 2009. Determination of Coleoptera fauna on carcasses in Ankara province, Turkey. *Forensic Science International*, 183: 24–32.
- Parsons, C. T., 1943. A revision of Nearctic Nitidulidae (Coleoptera). *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology at Harvard College*, 92: 121–248
- Payne, J.A., 1965. A summer carrion study of the baby pig *Sus scrofa* Linnaeus. *Ecology*, 46(5), 592-602.
- Payne, J. A. & King, E. W., 1970. Coleoptera associated with pig carrion. *Entomologist's Monthly Magazine*, 105: 224–232.
- Pielou E. C., 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Am Nat* 100:463–465.
- Pimm S.L., Russell G.J., Gittleman J.L., Brooks T.M., 1995. The future of biodiversity. *Science* 269:347–350.
- Podani, J., 1994. Multivariate Data Analysis in Ecology and Systematics. A methodological guide to the SYN-TAX 5.0 package. Ecol. Comp. Series. Vol. 6.
- Podani J. & Csányi, B. 2010. Detecting indicator species: some extensions of the IndVal measure. *Ecological Indicators*. 10(6):1119-1124
- Prado e Castro, C., García, M. D., Martins da Silva, P., Faria e Silva, I., Serrano, A. 2013. Coleoptera of forensic interest: A study of seasonal community composition and succession in Lisbon, Portugal. *Forensic science international*, 232(1-3), 73-83.

- Quinteros, A. S.; Abdala C. S.; Díaz Gómez J. M. & Scrocchi G. J., 2008. Two new species of *Liolaemus* (Iguania: Liolaemidae) of central west Argentina. *South American Journal of Herpetology* 3: 101-111.
- R version 4.2.1 (2022-06-23 ucrt) -- "Funny-Looking Kid" Copyright (C) 2022 The R Foundation for Statistical Computing Platform: x86\_64-w64-mingw32/x64 (64-bit).
- Rahbek, C., 1995. El gradiente de elevación de la riqueza de especies: ¿un patrón uniforme? *Ecografía*, 200-205.
- Rahbek, C., 1997. The relationship among area, elevation and regional species richness in Neotropical birds. *American Naturalist*, 149, 875–902.
- Rapoport, E. H. 1982. Areography: geographical strategies of species. Vol. 1. 1st English ed. B. Drausal, trans. Pergamon, New York.
- Reinhard, H., 1882. Beiträge zur graberfauna. *Verh. k. & k. Zool. Bot. Ges.* 31: 207–210.
- Ripoll, Y., & Carretero, M.E., 2019. Vegetación del Valle La Invernada (Reserva Privada Don Carmelo) en el centro oeste de la Provincia de San Juan (Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 54(3), 1-10.
- Rivero-Castro, G. A., Beninato, V. A., Giannoni, S. M., & Borghi, C. E., 2023. Diversity and co-occurrence of small and medium sized mammals in rock outcrops of the Desert Puna. *Biodiversity*, 24(4), 242-251.
- Rohlf, J.F. & Sokal, R.R., 1980. Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. *WH Freeman Co.* New York, USA.
- Roig, F.A., & Carretero, E.M., 1998. The Puna vegetation in the province of Mendoza, Argentina. *Phytocoenologia*, 28(4), 565-608.
- Sanabria, C., Lavelle, P., Fonte, S. J. 2014. Ants as indicators of soil-based ecosystem services in agroecosystems of the Colombian Llanos. *Applied Soil Ecology*. 84:24-30.
- Sánchez-Castro, L., Rivero-Castro, G. A., Mercado, I. A., Ruiz-Estebes, E. G., & Bueno, J. G. 2020. Nuevo registro de *Octomys mimax* (Rodentia: Octodontidae) en la provincia de San Juan, República Argentina. *Notas sobre Mamíferos Sudamericanos*, 2.
- Sanders, N. 2002. Elevational Gradients in Ant Species Richness: Area, Geometry, and Rapoport's rule. *Ecography* 25: 2532.
- Sanders, N.J., Moss, J., & Wagner, D., 2003. Patterns of ant species richness along elevational gradients in an arid ecosystem. *Global ecology and biogeography*, 12(2), 93-102.
- Santos, W.E., Alves, A.C.F. & Creão Duarte, A.J., 2014. Beetles (Insecta, Coleoptera) associated with pig carcasses exposed in a Caatinga area, Northeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 74 (3): 649–655.

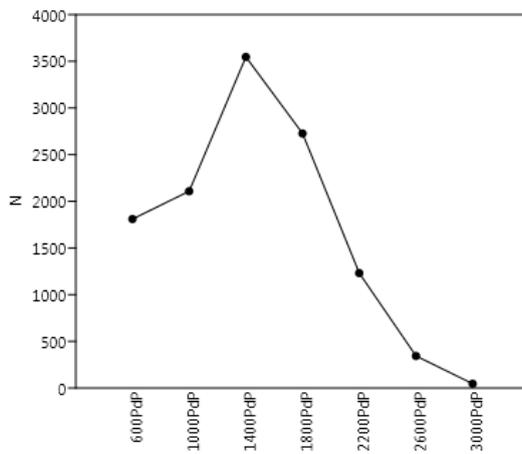
- Scampini, E., Cichino, A. & Centeno, N.D., 2002. Especies de Carabidae (Coleoptera) Asociadas a Cadáveres de Cerdo (*Sus scrofa* L.) en Santa Catalina (Buenos Aires, Argentina). *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 61 (3-4): 85–88.
- Scheffler, P. Y., 2005. Diversidad y estructura comunitaria del escarabajo pelotero (Coleoptera: Scarabaeidae) en tres regímenes de perturbación en la Amazonia oriental. *Revista de Ecología Tropical*, 21 (1), 9-19.
- Scholtz, C. H., 1990. Revision of the Trogidae of South America (Coleoptera: Scarabaeoidea). *Journal of Natural History*, 24: 1391–1456.
- Shannon, C. E., Weaver W., 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana
- Shelly, T. E. & Whittier, T. S., 1997. Comportamiento lek de los insectos. La evolución de los sistemas de apareamiento en insectos y arácnidos, 273.
- Simpson, E. H., 1949. Measurement of species diversity. *Nature* (Lond). 163:688.
- Singh, N., & Bala, M. 2019. Estudio de sucesión de coleópteros de importancia forense de la India: un estudio preliminar y sus implicaciones forenses. *Revista egipcia de ciencias forenses*, 9, 1-8.
- Smith, K. G. V., 1986. *A manual of forensic entomology*. The trustees of the British museum of Natural History. Cornell Univ. Press. *London*, 205 pp.
- Smith, C. M., 1989. *Plant resistance to insects*. Wiley. *New York*. 286 pp.
- Smith, R. J., Hines, A., Richmond, S., Merrick, M., Drew, A. & Fargo, R., 2000. Altitudinal variation in body size and population density of *Nicrophorus investigator* (Coleoptera: Silphidae). *Environmental Entomology*, 29, 290–298.
- Smith, R. L. & Smith, T. M., 2000. *Ecología*. Cuarta Edición. Addison Wesley longmo, Inc
- Sobral, A., La Torre-Cuadros, M., Alves, R.R.N. & Albuquerque, U.P., 2017. Conservation efforts based on local ecological knowledge: The role of social variables in identifying environmental indicators. *Ecological Indicators*, 81, 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.065>.
- Stevens, G. C. 1989. The latitudinal gradient in geographical range: how so many species coexist in the tropics. - *Am. Nat.* 133: 240-256.
- Stevens, G.C., 1992. El gradiente de altitud en el rango altitudinal: una extensión de la regla latitudinal de Rapoport a la altitud. *The American Naturalist*, 140 (6), 893-911.
- Tabor, K. L., Brewster, C.C. & Fell, R.D. 2004. Analysis of the successional patterns of insects on carrion in Southwest Virginia. *Journal of Medical Entomology*, 41(4): 785–795.

- Tantawi, T. I., El-Kady, E. M., Greenberg B. & El-Ghaffar, H. A., 1996. Arthropod succession on exposed rabbit carrion in Alexandria, Egypt. *Journal of Medical Entomology*, 33: 566–580.
- Tichý L, Chytrý M. 2006. Statistical determination of diagnostic species for site groups of unequal size. *Journal of Vegetation Science*. 17(6):809-818.
- Van Emden, F.L., 1948. Trox larva feeding on locust eggs in Somalia. Proceedings of the Royal Entomological Society of London, (B), 17: 145–148.
- Vasconcelos, S.D. & Araujo M.C., 2012. Necrophagous species of Diptera and Coleoptera in northeastern Brazil: state of the art and challenges for the Forensic Entomology. *Revista Brasileira de Entomologia*, 56: 7–14.
- Vaurie, P., 1962. A revision of the genus Trox in South America (Coleoptera: Scarabaeidae). Bulletin of the American Museum of Natural History, 124: 105–167.
- Watson, E. J. & Carlton, C. E., 2005. Sucesión de insectos y descomposición de cadáveres de vida silvestre durante el otoño y el invierno en Luisiana. *Revista de Entomología Médica*, 42 (2), 193-203.
- Whittaker, R. H., 1965. Dominance and Diversity in Land Plant Communities: Numerical relations of species express the importance of competition in community function and evolution. *Science*, 147(3655), 250-260.
- Wildi O. & Feldmeyer-Christe, E. 2013. Indicator values (IndVal) mimic ranking by F-ratio in real-world vegetation data. *Community Ecology*. 14(2):139-143.
- Wolff, M., Uribe, A., Ortiz, A. & Duque, P., 2001. A preliminary study of forensic entomology in Medellín, Colombia. *Forensic Science International*, 120(1–2): 53–59.
- Zanetti, N. I., Viscearelli, E. & Centeno, N. D., 2015 a. Associational patterns of scavenger beetles to decomposition stages. *Journal Forensic Sciences*, 60 (4): 919-927.
- Zanetti, N. I., Viscearelli, E. & Centeno, N. D., 2015 b. Trophic roles of scavenger beetles in relation to decomposition stages and seasons. *Revista Brasileira de Entomologia*, 59: 132–137.
- Zapata, F. A., Gaston, K. J. & Chown, S. L., 2003. Mid-domain models of species richness gradients: assumptions, methods and evidences. *Journal of Animal Ecology*, 72, 677–690.
- Zúñiga Reinoso, Á. S., 2016. La diversificación del género Callyntra (Coleoptera: Tenebrionidae) durante las oscilaciones climáticas del pleistoceno en Chile Central. Tesis Doctoral.

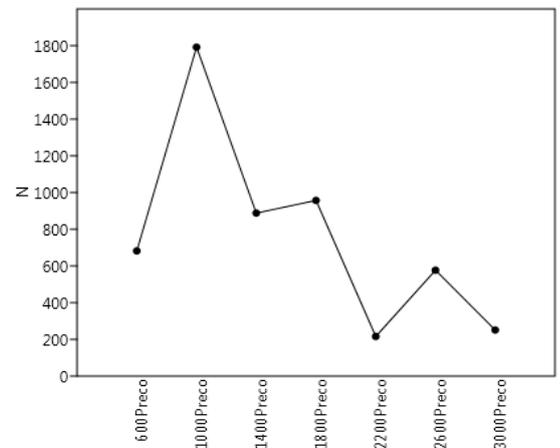
### 13. Anexo



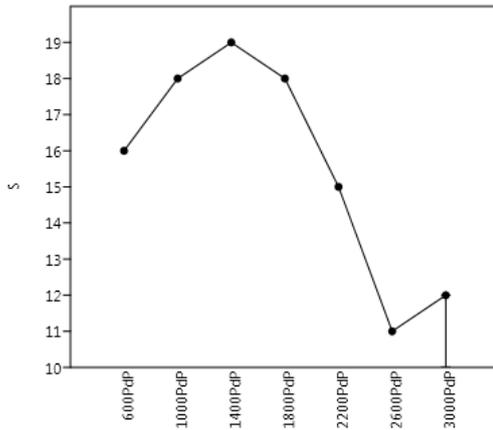
**A. Fig. 1.** Abundancia y riqueza de coleópteros cadavéricos por familias en todo el estudio para ambos gradientes.



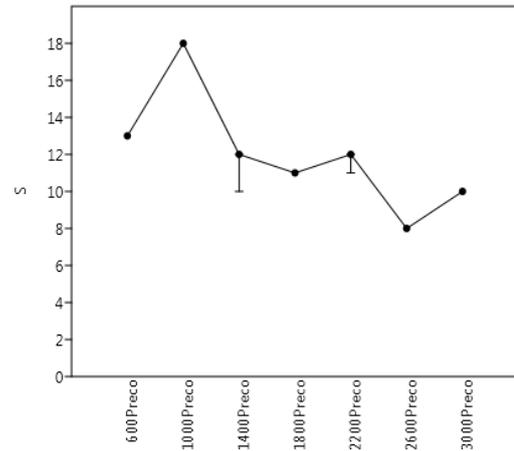
**A. Fig. 2.** Curva del número de individuos colectados por piso altitudinal en la transecta de Pie de Palo.



**A. Fig. 3.** Curva del número de individuos colectados por piso altitudinal en la transecta de Precordillera.



A. Fig. 4. Curva de las riquezas registradas en Pie de Palo.



A. Fig. 5. Curva de las riquezas registradas en Precordillera.

A. **Tabla 1:** Modelo Lineal Generalizado con distribución Gamma. Variable respuesta utilizada: Abundancia. Variables explicativas: Transecta (Precordillera y Pie de Palo), Pisos altitudinales (600; 1000;1400;1800;2200;2600;3000 m s.n.m.). El intercepto incluye el piso 600 y el sitio Pie de Palo.

Coefficients:					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(>  t )	
(Intercept)	4.546	0.4884	9.307	<2e-16	***
piso1000	0.2901	0.6194	0.468	0.6401	
piso1400	0.4858	0.6414	0.757	0.4498	
piso1800	0.3864	0.6521	0.593	0.5542	
piso2200	-0.5131	0.6636	-0.773	0.4404	
piso2600	-0.4648	0.7324	-0.635	0.5265	
piso3000	-1.6817	0.7015	-2.397	0.0175	*
sitioprecordillera	-0.303	0.3615	-0.838	0.4031	

A. **Tabla 2.** Registro de abundancia, abundancia relativa y riqueza de especies para Pie de Palo (E) y Precordillera (C) en los diferentes pisos altitudinales, en San Juan, Argentina. Color verde indica el valor máximo y rojo el mínimo.

	Pisos altitudinales (m.s.n.m.)							Total
	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000	
Abundancia (E)	1810	2109	3547	2727	1231	344	46	11814
Abundancia (C)	682	1792	888	957	216	577	251	5363
Proporción (%) (E)	0,15	0,18	0,3	0,23	0,1	0,03	0,003	100%
Proporción (%) (C)	0,13	0,33	0,17	0,18	0,04	0,11	0,05	100%
Pie de Palo riqueza (S)	16	18	19	18	15	11	12	30
Precordillera riqueza (S)	13	18	12	11	12	8	10	28

**A. Tabla 3.** Índices de dominancia, Simpson, Shannon-Weaver y equitatividad para diferentes altitudes de las transectas efectuadas en Pie de Palo y Precordillera en San Juan, Argentina. Mayores y menores valores de cada índice marcados con verde y rojo, respectivamente.

Altura (m s.n.m.)	Pie de Palo				Precordillera			
	(D)	(1-D)	(H)	(J)	(D)	(1-D)	(H)	(J)
600	0,4968	0,5032	0,9562	0,3449	0,2344	0,7656	1,567	0,6109
1000	0,2698	0,7302	1,522	0,5266	0,4808	0,5192	0,9568	0,331
1400	0,2358	0,7642	1,634	0,555	0,3861	0,6139	1,202	0,4839
1800	0,2861	0,7139	1,613	0,5581	0,5231	0,4769	1,054	0,4396
2200	0,4357	0,5643	1,316	0,4858	0,282	0,718	1,555	0,6256
2600	0,2392	0,7608	1,616	0,674	0,3418	0,6582	1,423	0,6842
3000	0,2042	0,7958	1,987	0,7996	0,7512	0,2488	0,6439	0,2797

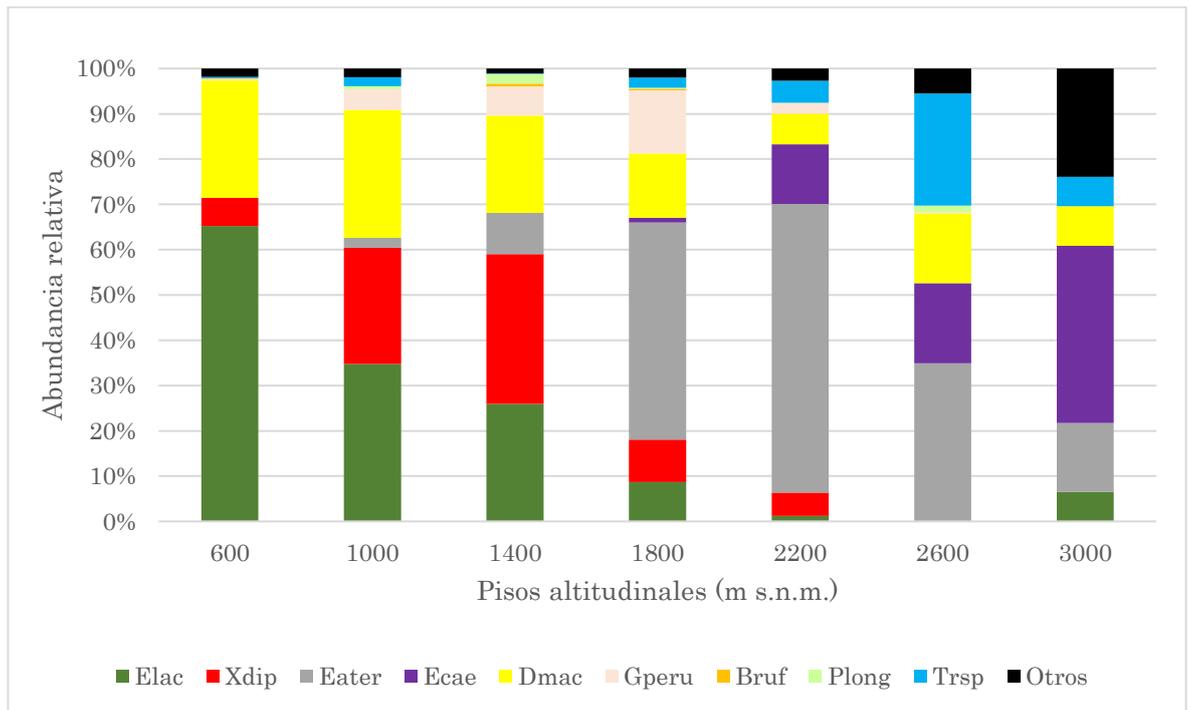
D = índice de Simpson (Dominancia), 1-D = índice de diversidad de Simpson, H = índice de Shannon-Weaver, J = índice de Equitatividad (Pielou).

**A. Tabla 4.** Diversidad-beta por medio del análisis de similitud de Bray-Curtis por agrupamientos de pisos altitudinales (Clustering) en Pie de Palo. Se muestra el valor similitud de especies entre los pisos altitudinales.

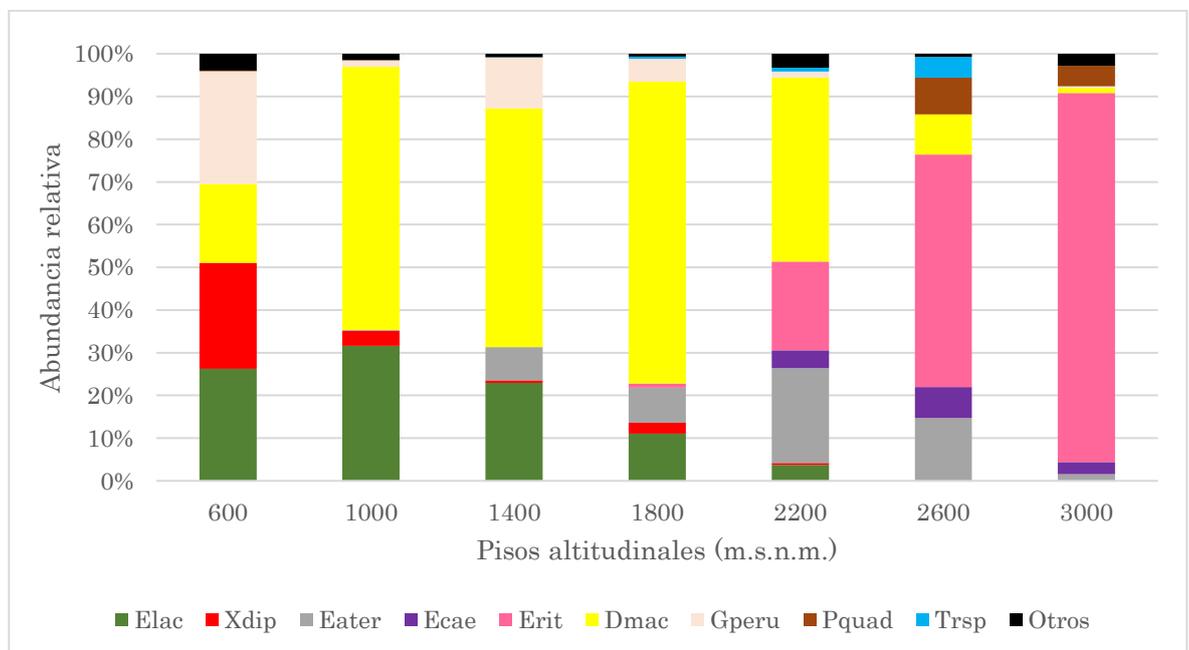
Pie de Palo	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000
600	1						
1000	0,688	1					
1400	0,572	0,725	1				
1800	0,333	0,446	0,465	1			
2200	0,118	0,172	0,22	0,544	1		
2600	0,056	0,121	0,095	0,183	0,393	1	
3000	0,014	0,018	0,011	0,03	0,064	0,2	1

**A. Tabla 5.** Diversidad-beta por medio del análisis de similitud de Bray-Curtis por agrupamientos de pisos altitudinales (Clustering) en Precordillera. Se muestra el valor de cambio y reemplazo de especies entre los pisos altitudinales.

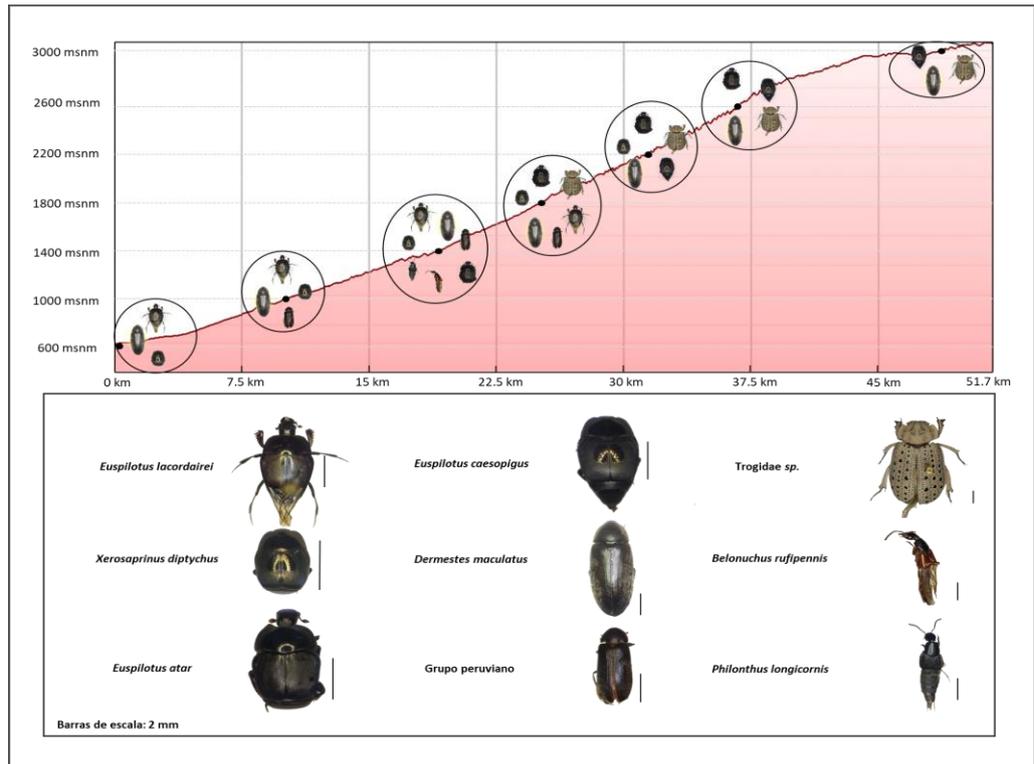
Precordillera	600	1000	1400	1800	2200	2600	3000
600	1						
1000	0,327	1					
1400	0,532	0,55	1				
1800	0,375	0,61	0,792	1			
2200	0,238	0,111	0,278	0,281	1		
2600	0,088	0,05	0,169	0,191	0,401	1	
3000	0,019	0,011	0,014	0,028	0,274	0,591	1



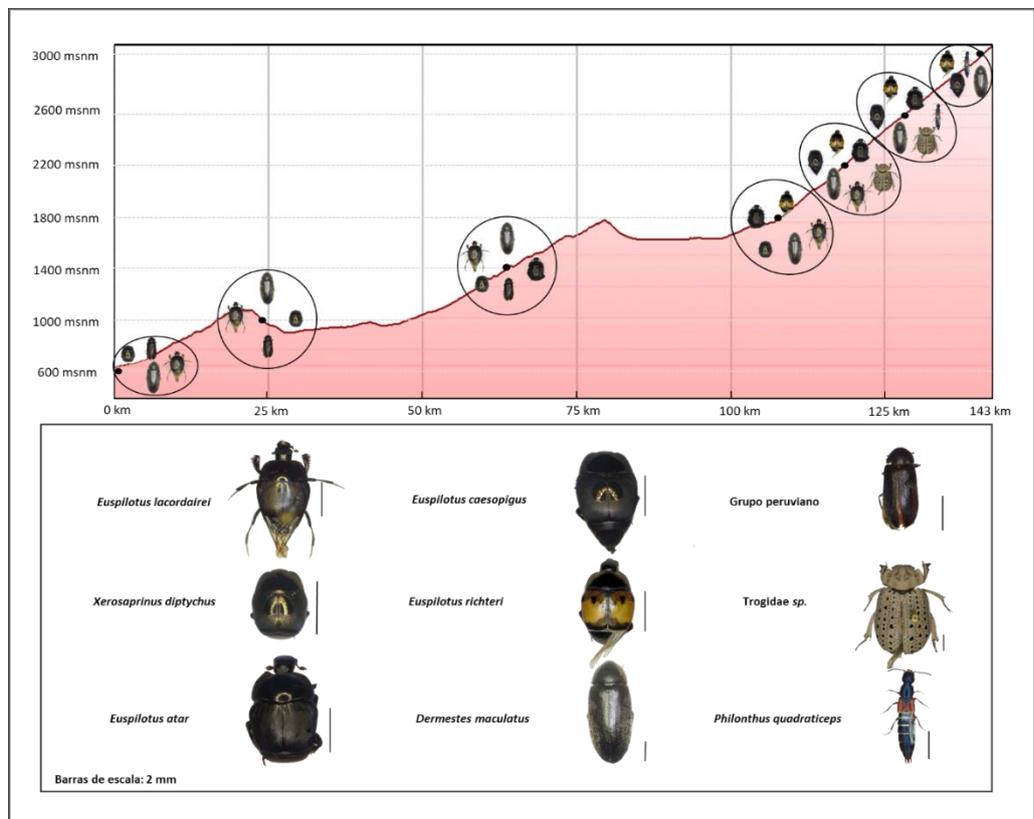
**A. Fig. 6.** Histogramas de la abundancia relativa de las diferentes especies de la transecta de Pie de Palo para cada piso altitudinal. Elac= *Euspilotus lacordairei*, Xdip= *Xerosaprinus diptychs*, Eater= *E. ater*, Ecae= *E. caesopygus*, Dmac= *Dermestes maculatus*, Gperu= Grupo peruvianus, Bruf= *Belonuchus rufipennis*, Plong= *Philonthus longicornis*, Trsp= Trogidae spp. y Otros= Suma de especies no mencionadas.



**A. Fig. 7.** Histogramas de la abundancia relativa de las diferentes especies de la transecta de Precordillera para cada piso altitudinal. Elac= *Euspilotus lacordairei*, Xdip= *Xerosaprinus diptychs*, Eater= *Euspilotus ater*, Ecae= *Euspilotus caesopygus*, *Euspilotus richteri*, Dmac= *Dermestes maculatus*, Gperu= Grupo peruvianus, Pquad= *Philonthus quadraticeps*, Trsp= Trogidae spp. y Otros= Suma de especies no mencionadas.



A. Fig. 8. Perfil de elevación del gradiente altitudinal de Pie de Palo, mostrando parte del ensamblaje con las especies de mayor abundancia registrada. Otros= Suma de especies no mencionadas.



A. Fig. 9. Perfil de elevación del gradiente altitudinal de Precordillera, mostrando parte del ensamblaje con las especies de mayor abundancia registrada. Otros= Suma de especies no mencionadas.